

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11289296 A**

(43) Date of publication of application: 19.10.99

(51) Int. Cl

H04B 10/02

G02F 1/11

H04B 10/17

H04B 10/16

H04J 14/00

H04J 14/02

(21) Application number: 10090383

(22) Date of filing: 02.04.98

(71) Applicant: FUJITSU LTD

(72) Inventor: ONAKA HIROSHI
MIYATA HIDEYUKI
OTSUKA KAZUE
KAI TAKETAKA
NAKAZAWA TADAO
CHIKAMA TERUMI

(54) OPTICAL TRANSMISSION EQUIPMENT,
OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM AND
OPTICAL TERMINAL STATION

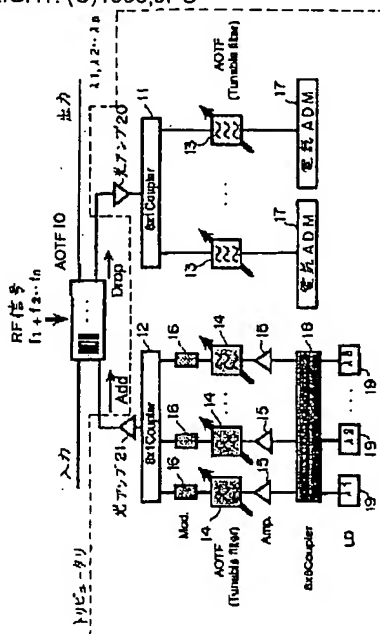
extracted from a through optical signal by the AOTF 10.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical wavelength multiplex network using an AOTF and having high reliability and high cost performance and a device to be used for the network.

SOLUTION: In the case of constituting an OADM device in an OADM system, an AOTF 10 is used. The AOTF 10 can select an optional wavelength by changing the frequency of an RF signal to be impressed. The AOTF 10 can drop an optical signal of specific wavelength out of a wavelength multiplex optical signal inputted from an input or synthesize a wavelength multiplex signal inputted from an addport with a through optical signal. In practical device constitution, it is realistic to use the AOTF 10 only for drop while considering the increment of coherent crosstalk. Or in another method, a dropped optical signal is branched by a photocoupler, wavelength is selected by a tributary station and the wavelength selected by the tributary station is



特開平11-289296
特許出願公開番号
特開平11-289296
平成11年(1999)10月19日

(12) 公開特許公報 (A)

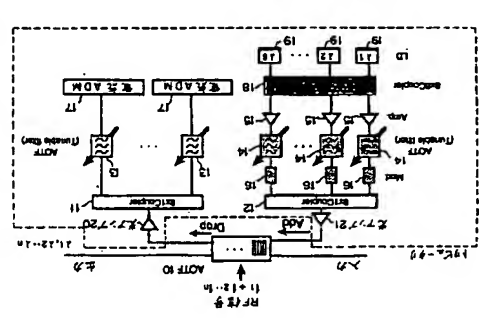
(19) 日本国特許庁(P)

(51) Int. Cl. ⁸	識別記号	FI
H04B 10/02		H04B 9/00 U
G02F 1/11		G02F 1/11 J
H04B 10/17		H04B 9/00 E
H04B 10/16		
H04J 14/00		
審査請求	未請求	請求項の取 43 OL (全60頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願平10-90383	(71) 出願人	000005223 富士通株式会社
(22) 出願日	平成10年(1998)4月2日	(72) 発明者	尾中 寛 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72) 発明者	宮田 英之 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(74) 代理人	井理士 大智 殿之 (外1名)

(54) 【発明の名称】 光伝送装置、光伝送システム及び光端局

(57) 【要約】
【課題】 AOTFを使用した信頼性、及びコストパフォーマンスの良い光波長多重ネットワーク及びそのための装置を提供する。
【解決手段】 OADMシステムにおいて、OADM装置を構成する際、AOTF10を使用する。AOTFは印加するRF信号の周波数を変えることによって、任意の波長を選択することができる。入力から入って来た波長多重光信号の中から特定の波長の光信号をドロップしたり、アドポートから入力された波長多重光信号をスルー光信号と合波することができる。ただし、コヒーレントロスと合波することができ、波長の差を補正することが可能である。あるいは、他の方法においては、ドロップ光信号は光カプラで分岐し、波長をトリビュタリ局で選択するようにし、トリビュタリ局で選択された波長をAOTFでスルー光信号から抽出するようにする。



ルタで挿入されるべき光信号に対応する波長の分岐操作を行うことを特徴とする請求項10又は11に記載の光伝送装置。

【請求項17】 WDM光通信システムにおいて、分岐及び挿入すべき光信号を分岐・挿入する光伝送装置から分岐した光信号を受信し、挿入すべき光信号を該光伝送装置に伝送する光増幅器であって、

所定の波長の光信号を、所望の数だけ合波し、挿入すべき光信号として前記光伝送装置へ伝送する光合波器を備えることを特徴とする光増幅器。

【請求項18】 前記光合波器の後段に分散補償器を備え、伝送路の分散を最適に補償することを特徴とする請求項17に記載の光増幅器。

【請求項19】 伝送に用いるすべての信号波長に対応する複数の光順を備え、該複数の光源の出力光を合波する合波器と、

該合波器による損失を補償する光増幅器と、

伝送に用いる最大の信号波長を最大とする所望の数まで光を分岐する分岐器と、

該分岐器により分岐されたそれぞれの光について、所定の光波長を選択する光可変フィルタと、

該選択された光に変調信号を印加することによって任意の波長の光信号を生成し、前記光伝送装置に挿入すべき光信号として伝送する手段と、を備えることを特徴とする請求項17に記載の光増幅器。

【請求項20】 伝送路から伝送されてきた波長多重光信号のうち、所定の波長の光信号を分岐し、対応する波長の光信号を挿入する光伝送装置と、該光伝送装置から分岐された光信号を受信し、挿入すべき光信号を該光伝送装置に伝送する光増幅器とからなる光伝送システムにおいて、

該光伝送装置で分岐された光信号を必要に応じて増幅する光増幅器と、

該光信号を所望の数までパワーフリットする光分岐器と、該光分岐器の出力のそれぞれに光フィルタとを備え、前記光分岐器は所定の光波長の信号を選択して受信することとを特徴とする光伝送システム。

【請求項21】 前記分岐器の出力のそれぞれに備える光フィルタと、選択波長を可変とすることのできる可変光フィルタと、前記光増幅器で任意の波長の光信号を選択して受信することを特徴とする請求項20に記載の光伝送システム。

【請求項22】 分岐器の出力に備える可変光フィルタとして、1個のAOTF、もしくは該AOTFを複数段にカスケード接続したものを備え、該AOTFを該光伝送装置から伝送した光信号を受信することとを特徴とする請求項21に記載の光伝送システム。

【請求項23】 前記光伝送装置において、伝送路への出力ポートにモニタ用の分岐ポートを設け、光信号の有無・波長・パワーを監視すると同時に、所望の波長の光信号を分岐するための波長選択フィルタへの制御信号の印

加パワーを調整し、及び、光増幅器での挿入すべき光信号を増幅する光増幅器の出力パワーを調整する制御手段を有し、

前記制御手段は、モニタしている光信号の内の最小の信号パワーを有する波長の光信号のパワーに他の波長の光信号のパワーを一致させるように制御することにより、それぞれ光信号の伝送出力パワーをほぼ一定に保つことを特徴とする請求項20に記載の光伝送システム。

【請求項24】 AOTF通過後の光増幅器と光パワーを逐次モニタする光スベクトルモニタを備え、該AOTFを駆動するRFF周波数とRFFパワーにフィードバックをかけることで、分岐・挿入される光信号が常に最適な波長と光パワーになるように制御を行うことを特徴とする請求項23に記載の光伝送装置。

【請求項25】 該AOTFの動作温度にフィードバックをかける温度制御回路を備え、

該光スベクトルモニタによる該AOTF通過後の光信号の波長及びパワーを逐次モニタした結果を用いて、該温度制御回路が該AOTFを制御して、分岐・挿入されるべき光信号が常に最適な波長と光パワーとすることを特徴とする請求項24に記載の光伝送装置。

【請求項26】 上りと下りの2システム分もしくは複数の面所光スベクトルモニタをモニタするために光スイッチを用いて1台の光スベクトルモニタへの入力切り替えて使用する構成を持つことを特徴とする請求項24に記載の光伝送装置。

【請求項27】 AOTFによって選択された選択光を光ケーブルを用いて分岐し、フォトディテクタで光パワーをモニタし、常にフォトディテクタの受光パワーが最大になるようにAOTFに印加するRFF周波数もしくはRFFパワーを制御し、光波長、光パワーの変動あるいはAOTFの特性変動に追従可能なように構成されたことを特徴とする請求項25に記載の光伝送装置。

【請求項28】 フォトディテクタで受光する際に光波長の中心位置を判別するため、あるいは最適RFFパワーを判別するために、RFF周波数に低周波重畳をかけることを特徴とする請求項27に記載の光伝送装置。

【請求項29】 伝送路から光信号を分岐、あるいは伝送路へ光信号を挿入する光伝送装置と、該光伝送装置から分岐された光信号を受信し、該光伝送装置に挿入すべき光信号を送信する増幅器とからなる光ネットワークにおいて、

該増幅器の受信側の1波選択用AOTFに所定のRFF周波数を印加し、該1波選択用AOTFが安定化したことを確認した後、該光伝送装置の分岐・挿入用AOTFに所定のRFF周波数を印加して所定の光信号を分岐し、光スベクトルモニタで所定の光信号が分岐されたことを確認した後、該増幅器の1波挿入用AOTFに所定のRFF周波数を印加し、1波挿入用AOTFの動作が安定し、且つ、光スベクトルモニタで監視した挿入すべき光信号が

所定の光波長と光パワーになるように制御した後に、該増幅器の光伝送装置を駆動するシーケンス処理を有することとを特徴とする光伝送システム。

【請求項30】 該光伝送装置では、光信号を分岐、挿入するおき、該増幅器では、1波選択用AOTFにRFF信号を印加し、伝送路中のASEを削減し、パルスなし状態を作り出すことを特徴とする請求項29に記載の光伝送システム。

【請求項31】 各波長の光信号間にレベル差が発生している場合は、該光伝送装置では、光信号をスルーさせるおきに分岐・挿入用AOTFに印加する各RFF信号に微弱的なパワーを付けてレベル差を分岐し、該増幅器では、1波選択用AOTFにRFF信号を印加しないこととを特徴とする請求項30に記載の光伝送システム。

【請求項32】 前記光伝送装置では、光信号を分岐、挿入するおきに、及び、波長間レベル差を補償するおきに、分岐・挿入用AOTFに印加するRFF信号のトータルパワーを一定にするために、RFF信号の印加が必要ないスルー状態の場合でも、運用中の光信号の波長帯域から十分外れた場所でRFF信号を印加しつづけることを特徴とする請求項31に記載の光伝送システム。

【請求項33】 RFF信号をオンする際に、伝送路中に設けられる光増幅器で急激な光サージを発生させないためにRFF信号を所定のパワーまで段階的に立ち上げていくRFF増幅器を備えることを特徴とする請求項29に記載の光伝送システム。

【請求項34】 RFF信号制御回路内にROMを持ち、分岐時に前記光伝送装置内のAOTFに印加するRFF信号のデータ、スルー時のRFF信号データなど複数のRFF信号の印加状態を蓄積しておき、ROMのデータを用いてRFF増幅器の設定値を変更することで、瞬時に所定のRFF周波数とパワーを印加することが可能な構成を持つことを特徴とする請求項29に記載の光伝送システム。

【請求項35】 1波以上の光波長に送信信号を光強度変調して送出し、光増幅器中継伝送する光伝送装置、および、該光伝送装置に伝送路途中に伝送信号の分岐、挿入機能を持つノードを有した光伝送システムにおいて、伝送路で送信光に光位相変調もしくは光周波数変調する手段を有し、該送信器は、伝送路で波長が広がるようなチャープングを行い、送信器と伝送路の間、伝送路と受信器の間に伝送路の波長分散特性を補償する分散補償手段を配置したことを特徴とする光伝送システム。

【請求項36】 各中継スパン毎あるいは、ノード毎のいずれかに伝送路の波長分散特性を補償する分散補償手段

を配置したことを特徴とする請求項35に記載の光伝送システム。

【請求項37】 各中継スパン毎あるいはノード毎のいずれかに配置する分散補償手段の各分散補償量は分散補償量の伝送路の分散量に応じて設定することとを特徴とする請求項36に記載の光伝送システム。

【請求項38】 波長分散補償が正である伝送路を有することとを特徴とする請求項35～37のいずれか1つに記載の光伝送システム。

【請求項39】 送信側で送信光に光位相変調もしくは光周波数変調する手段のチャープングパラメータが1近傍である送信器を有することとを特徴とする請求項35～37のいずれか1つに記載の光伝送システム。

【請求項40】 送信器と伝送路の間、伝送路と受信器の間に配置した分散補償量を伝送ルートに応じて変化させる機能を持つ分散補償手段を有することとを特徴とする請求項35～37のいずれか1つに記載の光伝送システム。

【請求項41】 伝送ルートに応じて分散補償量を変化させる分散補償手段を有することとを特徴とする請求項35に記載の光伝送システム。

【請求項42】 前記分散補償手段は、分散補償量の異なる、あるいは、分散補償量の同じ複数の分散補償器と、伝送されてきた光信号を所望の分散補償器に通わせる光切り替え手段と、を備え、

該光信号が通過する分散補償器の組み合わせを切り替えることにより、光信号が受けた分散補償量に応じて最適な分散補償を行うことを特徴とする請求項35に記載の光伝送システム。

【請求項43】 表面弾性波の作用を使って所望の波長の光信号を波長多重光信号の中から選択分岐、あるいは選択挿入するAOTFにおいて、

該AOTFの形成されている基板の表面であって、AOTFの近傍に共振器を形成し、該共振器の共振周波数の変化を抽出することにより、該AOTFの表面周波数を制御し、該AOTFの動作を安定化させることを特徴とするAOTF制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、波長分散多重光ネットワークに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来のマルチメディアネットワークを指し、さらなる超長距離・大容量の光通信システム、また、これを用いた光波ネットワークの構築が要求され、研究開発が盛んに行われている。

【0003】 これまでに大容量化を実現する方法として、時分多重 (Time-Division Multiplexing : TD

M)方式、光領域での時分割多重(Optical Time-Division Multiplexing: OTDM)方式、波長分割多重(Wavelength-Division Multiplexing: WDM)方式等は、ドロップされた光信号を合分波器で一旦合波した後、各チャネル毎に取られる光受信器ORRに光信号を供給するため、合波した光信号を分岐する。同図には、図示されていないが、光受信器ORRには、波長選択フィルターが行われている。

【0004】これらの方式の中で、WDM方式は光ファイバの広帯域・大容量性を有効利用でき、さらに光合成分が取付けられており、合分波器で分岐された光信号の中から所望の波長の光信号を選択して受信する。

【0012】このように、OADM装置で波長多分割された光信号を各波長の光信号に分散してから、それぞれ、光信号を各波長の光信号に分散して、所望の波長の光信号を選択してドロップすることにより、所望の波長の光信号を選択してドロップすることが出来る。トリビュートの局側では、ドロップされた光信号のうち所望の波長を選択して受信することにより、所望の波長（チャネル）の光信号号を受信することができる。特に、ドロップされる波長が異なる場合を考え、光変調器OVRの前に設けられる。

波長（光フィルタ）を用いることにより要四方式・速度によらず伝送光信号を選択・挿入可能となり上記光波ネットワークの機能を実現できる。

【0005】すなわち、光波ネットワークではネットワーク上の各ノードで必要に応じて分岐・挿入（Add/Drop Multiplexer：ADM）、伝送路を選択するルーティング、クロスコネクトを行う機能を持つ必要がある。

【0006】光信号の分岐・挿入を行うための装置として、波長選択フィルタとして、選択波長が可変のものを使用用波長可変フィルタとして、選択波長が可変のものを使用する光信号の波長を自由に変えることが出来る。

【0013】光受信部ORで光信号を電気信号に変換されたものは、電気信号で、ドロープ処理を行う電圧増幅器E（ADM）で処理される。また、E ADMからは、トリビュタリ局から送信すべき信号が出力力増強装置によって変換されて送出される。同図に示される、トリビュタリ局の各光送信機器OSの出力する光信号の波長は、OADM装置でドロップされた波長の内のいずれかを用いるようにし、光スイッチの入力側へ、光スイッチでは、光送信機OSから送信されてくる光信号の光路を切り替えて、ドロップ宛てに送り出す光信号の波長を使い分けるものである。

【0017】波長固定型とは、例えば、サーキュレータとファイバグレーティングを用いて分離した光信号のうち特定の波長の光信号をファイバグレーディングで反射して、サーキュレータを用いて分離するものである。挿入する場合には、挿入しようとする光信号をサーキュレータで一且ファイバグレーディングに送り出し、ファイバグレーティングで特定の波長が反射され、伝送路を通達してきた光信号と合致するものである。

【0008】このような波長固定型においては、分岐・挿入する光信号の波長がシステム構築時に決定されてしまいうために、光波長ネットワークに対する多くの要求に対し十分に対応することができないという問題がある。

【0009】これに対し、任意波長型は分岐・挿入する光信号の波長をシステム構築後においても遠隔操作で変えることができるので、分岐・挿入する波長（チャネル）を変えたいという要求にも容易に対応することができ。

【0014】

【0010】図57は、光スイッチを用いた光ADM(OADM)装置の構成の一例を示した図である。波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の波長多重光は入力側からデマルチプレクサ(DMUX)に入力され、各波長の光信号に分離される。各波長の光信号は、各波長長に設けられた 2×2 光スイッチに入力される。 2×2 光スイッチは、光路を切り替えることによって、各光信号を、直進させるか(スルーさせるか)、ドロップさせるかする。

【0011】 2×2 光スイッチでドロップされた光信号は、トリビュタリ局(ブランチ局)に送信される。 2×2 光スイッチをスルーした光信号は、そのままマルチプレクサを有していることになり、初期投資の増大を招く。

【0015】さらに、上記的方式では、光信号をマルチプレクサに入力され、波長多重光に多重化されて出力される。2×2光スイッチによってドロップされた光信号は、トリビュタリ周に送られる。トリビュタリ周で50

光信号に対して持つことになる。このようなバンドパスフィルタのような特性のデバイスを逐列に接続して、パスバンドの幅が非常に狭くなってしまう。パスバンドの幅が狭くなれば、この問題を選ばようとする、と言う問題がある。従って、この問題を避けるようであれば、各光装置のパスバンドを厳密に一致させる必要がある。システム的设计及び設置作業が非常にシビアになってしまふ。

【0016】また、光信号は、AM変調されているので、波長成分で見るとサイドバンドが生じている。このような光信号が、パスバンドの非常に狭くなったシステムで受信側でAMを伝播すると、波形状劣化を起こし、光信号を受信側で受信できなくなってくる可能性がある。最悪の場合には、システムで光信号が伝播できないという事態も生じうる。

【0017】このような問題は、全ての波長をマルチチャネルサのようにのみ一旦分波するということにより、パルスレーティングを使用することによって起こる。従って、固定波長型のように、フリップパルスレーティングを使用する場合には、ドロップする波長の光信号のみが抜き取られ、他の波長成分に対するフリップパルスレーティングの特性はフラットであるので、上記のようにシステム全体に渡ってのパスバンドが狭くなってしまうという問題は生じない。

【0018】従って、ファイバグレートニングを使用し、ファイバグレートニング自体は、選択波長が固定されているのに対して、任意波長型のOADM装置を構成している、数多くのファイバグレートニングと、それぞれファイバグレートニングに対して設けられる光スイッチとが必要となる。ここでは、やはり、装置として動作が重くなってしまう。

【0019】また、OADM装置は、電気的ADM装置と組み合わせて信号を処理する必要があるため、電気ADM装置を始めから読取数値だけ用意しておくのでは、ADM装置のコストとOADM装置のコストの合計がでかくなりすぎる。従って、用意すべき電気ADM装置のコストとOADM装置のコストの合計ができるだけ小さくなるように構成しなければならない。

【0020】また、今日の波長多重数を増加しようという要求に対し、例えば、3.2波分の波長を扱うためのマルチクサススイッチが現在存在せず、小さなスイッチを組み合わせなければならぬと言う問題がある。このようにすると、スイッチが非常に大きくなってしまい、装置の小型化を推進する上で障害となる。

【0022】上記のような問題を解決する方法として、音響光学チューナブルフィルタ (Acousto-Optic Tunable Filter: AOTF) を使用することが考えられる。AOTFは、ファイバ光レーティングのように、ドレップする波長の光のみ抽出するという動作をするので、スパーする光信号に対する遊散特性はフラットであり、上り配したような、パスバンドがシム全体で狭くなってしまいうような問題が無い。また、ファイバ光レーティング

グと異なり、ドロップする波長を任意に選択可能である。容易に任意波長型 OADM 装置を構成することも可能である。また、AOTF は波長選択フィルタとしても使用できるため、逆送波長固定型のバンドパスフィルタの代わりに、トリビュタリ局の波長選択フィルタとしても使用可能であり、非常に用途の広いデバイスである。しかもコスト的に有利であり、OADM システムを構築するのに適している。

【0022】本発明の課題は、AOTFを使用した信頼性、及びコストパフォーマンスの良い光波長多重ネットワーク及びそのための装置を提供することである。

【0023】
 【課題を解決するための手段】本発明の光伝送装置は、WDM通信システムにおいて、任意の波長の光信号を分岐・挿入したり、挿入したりする光伝送装置であって、分岐・挿入すべき光信号のうち、一部の光信号について、分岐・挿入動作を行う第1の可変波長選択フィルタと、挿入・挿入動作を行う第2の可変波長選択フィルタと、挿入動作を行う第3の可変波長選択フィルタとを備え、複数の可変波長選択フィルタを用いて分岐・挿入すべき光信号の全てを分岐または挿入することを特徴とする。

【0204】本装置の光端局は、WDM光通信システムにおいて、分岐及び挿入すべき光信号を分岐・挿入する光伝送装置から分岐した光信号を受信し、挿入すべき光信号を該光伝送装置に伝送する光端局であって、所定の波長の光信号を、所望の波長に合波し、挿入すべき光信号として前記光伝送装置へ伝送する光波器を備えることを特徴とする。

【0025】本発明の光伝送システムは、伝送路から伝送されてきた波長多重光信号のうち、所定の波長の光伝送装置に受信し、増幅と分光された波長多重光信号を受信し、増幅と分光された波長多重光信号を該光伝送装置に伝送する光増幅局とからなる光伝送システムにおいて、該光伝送装置で分光された光信号を必要に応じて増幅する光増幅器と、該光信号を所望の波長多重光信号に分光する分光波長器と、該光信号を出力する出力フィルタとを備え、前記光増幅局は、所定の波長の光信号を選択して受信することと特徴とする。

[0026]本発明の他の側面の光伝送システムは、伝送路から光信号を分岐、あるいは伝送路へ光信号を挿入する光伝送装置と、該光伝送装置に接続された光信号を受信し、該光伝送装置に挿入すべき光信号を送信する受信局とからなる光ネットワークにおいて、該装置の受信用側の１波選択用AOTFに所定のRRF周波数を印加し、送信側の１波選択用AOTFが安定化したことを確認した後、該光伝送装置のAOTF・挿入用AOTFに所定のRRF周波数を印加して所定的光信号を分岐し、光スペクトルを測定することである。

モニタで所定の光信号が分岐されたことを確認した後、該局局の1波長用AOTFに所定のRF周波数を印加し、1波長用AOTFの動作が安定し、且つ、光スベクトルモニタで監視した挿入すべき光信号が所定の光波長と光パワーになるように制御した後に、該局局の光送信器を駆動するシーケンサ処理を有することを特徴とする。

【0027】本発明の更に他の側面における光伝送システムは、1波以上の光波長に送信信号を光強度変調して送出し、光増幅多中継伝送する光伝送装置、および、該光伝送装置に伝送路途中に伝送信号光の分岐、挿入機器を持つノードを有した光伝送システムにおいて、送信部で送信光に光位相変調もしくは光周波数変調する手段を有し、該変調手段のチャージングパラメータの符号が正である送信器を有し、送信器と伝送路の間、伝送路と受信器の間に伝送路の波長分散特性を補償する分散補償手段を配置したことを特徴とする。

【0028】本発明のAOTF制御装置は、表面弾性波の作用を使って所望の波長の光信号を波長多重光信号の中から選択分岐、あるいは選択挿入するAOTFにおいて、該AOTFの形成されている基板の表面であって、AOTFの近傍に共振器を形成し、該共振器の共振周波数の変化を検出することにより、該AOTFの表面周波数を計測し、該計測結果に基づいてRF信号を制御して、該AOTFの動作を安定化させることを特徴とする。

【0029】本発明によれば、任意の波長を印加する電気信号の周波数を変えることで、選択することができAOTFをアド・ドロップシステムに使用したことによるシステムを構成する回路の動作が軽くなり、安定で信頼性の高い、OADMシステムを構成することができ

る。

【0030】
【発明の実施の形態】図1は、AOTFを用いたOADM装置の基本原理を示す図である。同図は、AOTF 10に波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の波長多重光信号が入力され、8波がアド・ドロップされる場合を示している。もちろん、アド・ドロップする波長の数はこれに限られたものではない。

【0031】AOTF 10による光波長の選択は、ドロップしたい波長に対応するRF信号（電気信号）を印加することで行う。同図の場合、AOTF 10には、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の波長多重光信号が入力されている。そして、AOTF 10には、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ に対応する周波数 $f_1 \sim f_n$ までのRF信号のうち、8つが印加される。

【0032】AOTF 10に印加されたRF信号の周波数に対応する波長の光信号は、AOTF 10のドロップポートに出力され、光アンプ20によって増幅された後、8×1カブラ11に入力される。ここで、カブラが8×1構成となっているのは、ドロップされる波長数が

8となっているからである。8×1カブラ11はドロップされてきた光信号を波長の数だけ分岐する。分岐された各光信号はすべて同じ光信号であり、ドロップされた波長の光信号をすべて含んでいる。次に、波長選択フィルタとしてAOTF 17に各波長の光信号が送信される。

【0033】一方、AOTF 10は、所望の波長の光信号をドロップするだけでなく、ドロップした波長の光信号と同じ波長の光信号をアドすることができ、これは、AOTF 10がある波長の光信号をドロップする動作を行っている時には、同時に同じ波長の光信号をアドする作用を有しているからである。RF信号としては、ドロップあるいはアドしたい波長の光信号に対応する周波数のRF信号をAOTF 10に印加しているだけで良い。

【0034】アドする光信号は、同図の左側の構成によって生成される。光源となるレーザダイオードLD19は、アドすべき光信号の波長を有するLD19がアドする光信号の数だけ設けられており、これらのLD19から出力される波長 $\lambda_1 \sim \lambda_8$ の光は8×8カブラ18で一旦合波された後、分岐される。分岐された光は光アンプ15によって増幅され、波長選択フィルタとしてのAOTF 14に入力される。AOTF 14では、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_8$ が多重された光から光信号送出に使いたい波長の光を抽出する。AOTF 14で抽出された波長の光は、変調器16によって変調され、光信号とされる。このようにして生成された各波長の光信号は、8×1カブラ12で合波され、光アンプ21で増幅されて、AOTF 10に入力される。AOTF 10では、アド光信号がスルー光に合波され、出力側に出力される。

【0035】このように、AOTF 10を使用すれば、原理的には、このAOTF 10を1つ使うだけで、OADMの機能を達成することができ、ただし、実際のAOTFの特性は、上記原理で説明したような理想的なものではないので、様々な工夫を必要とする。例えば、AOTF 10のアドポートから入力されるアド光信号は、AOTF 10のクロストークの為、ドロップポートに漏かに出力される。アド光とドロップ光とは波長が同じであるので、コヒーレントクロストークと呼ばれるクロストークが生じ、光信号の劣化に大きな影響を与える。従って、実際にAOTFを使ってOADM装置を構成する場合には、このコヒーレントクロストークを避けるように構成しなくてはならない。

【0036】なお、AOTF 10で波長をアド・ドロップしない場合には、光アンプ21をとめておくか、AOTF 10の選択帯域をはずすようにしておく。これは、光アンプを動作させておくと、光信号をアドしないにもかかわらず、ASE (Amplified Spontaneous Emission) 光がノイズとしてスルー光信号に加えられてしまうので、SN比の劣化を起こすためである。あるいは、A

OATF 10の選択帯域をはずしておけば、ASEがスルー光信号の帯域外に挿入されることになるので、スルー光信号のSN比の劣化には直接には影響しなくなることになる。図2は、実際のAOTFを使用しOADM装置を構成する場合の基本的構成例のブロック図である。

【0037】同図に示すのは、AOTFを光信号のドロップのみに使用する構成である。入力側から入力された光信号は、光アンプ30で伝送路の損失の補償のために増幅され、1段目のAOTF 31に入力される。1段目のAOTF 31では、ドロップすべき波長の光信号の内、一部のみをドロップする。そして、1段目のAOTF 31をスルーした光信号は、2段目のAOTF 32に入力されて、ドロップすべき残りの波長の光信号をドロップする。このようにして、ドロップされた光信号は、カブラ35で合波されると共に、受信器ORの数だけ分岐される。このとき、AOTF 31のドロップポート側には、光アプテネータ38が設けられており、AOTF 32からドロップされた光信号のレベルとAOTF 31からドロップされた光信号のレベルをほぼ同じにしてカブラ35に入力するように構成される。これは、AOTFがロスが大きく、AOTFを1つだけ通過した光信号と2つ通過した光信号とではレベルに大きな差が生じてしまうからである。もし、レベル差があるままドロップ光信号を送出すると、受信側で、あるいは受信側に漏くまうで光アンプで増幅しようとしても、レベルの低い光信号がより増幅される。受信側で信号を正しく受信できなくなってしまう。このようにして、ドロップされた光信号はAOTF等の波長選択フィルタ37によって所望の波長が選択され、受信器ORで受信される。

【0038】また、AOTF 31、32からドロップされた光信号を一旦合波するカブラ36には、別の出力ポートを付けておき、この出力ポートからの光信号を光スベクトルモニタ39に入力して、ドロップ光信号の有無や、各光信号の波長やパワーを監視するようにする。

【0039】2段目のAOTF 31、32をスルーした光信号は、ドロップされない波長の光信号のみを含んでおり、OADM装置のスルー光としてカブラ33に入力される。光送信線OSからは、AM変調された各波長の光信号（ドロップ光信号の波長と同じ波長）がカブラ36で合波され、アド光信号としてカブラ33に入力され、このようにして、カブラ33に入力されるスルー光とアド光は互いに合波され、光アンプ34で増幅され、伝送路に出力される。

【0040】同図の構成例において、1段目のAOTF 31と2段目のAOTF 32を使ってドロップすべき全ての光信号をドロップするのは、AOTFの波長選択特性によるものである。すなわち、AOTF 31はRF信号が印加されたときの波長選択特性の幅が広く、1T U-T G、6.92動電ドラフトで規定されている0.

8 nm間隔の波長の隣り合う光信号を1つのAOTFでドロップしようとする、クロストークが発生してしまい受信側で受信できなくなってしまう。そこで、実際に、1つのブロックで示されているAOTF 31、あるいは、32は、1つの基板に直列に3段のAOTFがモノリシックに形成されたものを使用している。このようにすると、波長選択特性の幅を狭くすることができる。ここで、更に、AOTFを2段に設け、1段目では、例えば、光信号の波長を端から順番に番号を付けた場合に、偶数番目あるいは、奇数番目の波長の光信号のドロップのみを担当するようにする。そして、2段目では、1段目ではドロップされなかった、奇数番目あるいは偶数番目の波長の光信号のドロップを担当するようにする。このように構成することによって、隣り合う2つの光信号をドロップする場合にも、波長間隔が最低でも1.6 nmとなるので、AOTFの波長選択特性でも十分クロストークを少なくすることができ、

【0041】また、同図の構成では、アド光信号は、AOTFを介さずに、直接カブラ33で合波するようにしている。前述したように、AOTFは、ドロップした光信号の波長と同じ波長の光信号をアドする機能を有しているが、AOTFにアドとドロップの両方の機能を組み合わせると、ドロップ側にアド側の光が漏り込んでクロストークが発生してしまう。特に、この場合、アド光とドロップ光の波長が同じコヒーレントクロストークなので、クロストークによって生じる、ビート成分が大きくなり、ドロップ側で正常に光信号を受信することができなくなってしまう。アド光は、対応する波長のスルー光から抜かれており、その開いているグリッド（光信号の波長の設定位置）に合波されれば良いので、同図のように、スルー光にカブラで合波する構成を採用する。

【0042】なお、同図では、AOTFを2つ用いて、ドロップすべき光信号の全てを分岐する構成を示しているが、必ずしも2つに限られるのではなく、2つ以上のAOTFを用いてもよい。このように、多くのAOTFを用いると、1つのAOTFでドロップすべき光信号の内、互いに波長の値が最も近い光信号間の波長間隔を広げることができるので、クロストークをより減少させることができる。

【0043】図3は、AOTFを使ったブロードキャスト機能に対応のOADM装置の構成例を示すブロック図である。同図(a)に示されるように、入力側から波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ が波長多重されて送信されてくる。これを光アンプ40で増幅し、カブラ41に入力する。カブラ41では、入力した光信号を2つに分岐し、1つはAOTF 42に入力し、もう1つはドロップして、トリビュタリ局のカブラ46に入力する。カブラ46に入力された光信号は、カブラ46で分岐される。分岐する数は、ドロップ光として使用される波長の数でも、全波長数でも

よい。カブラ46で分岐された光信号は、波長λ1～λnまでの波長の光信号を含んでいるので、この中から、ドロップ光として使用する波長の光を波長選択フィルタ48で選択して、抽出する。

[0044] 一方、AOTF42に送られた光信号は、波長選択フィルタ48で選択された波長をAOTF42で選択し、選択ポートに出力させる。選択ポートはどこにも接続されておらず、選択された光信号は捨てられることになる。AOTF42の後段にはAOTF43が設けられているが、図2で説明したように、一方のAOTFでドロップすべき波長の光信号の一部をドロップし、他方で残りの波長の光信号をドロップしようとするものである。このようにすることによって、波長選択におけるクロストークを低減することができる。

[0045] 2段のAOTF42、43を通してスル一光はカブラ44に入力され、アド光と合波される。アド光は、図2で説明したと同様に、光源からの光を波長選択フィルタ49で所望の波長の光を選択し、次に変調器50で変調してカブラ47に入力される。カブラ47で合波されたアド光はカブラ44に入力され、スル一光と合波されて、光アンプ45で増幅され、伝送路に送出される。

[0046] なお、ここでは、アド光信号は、光源からの光を波長選択フィルタ49で選択した後変調器50で変調をかける構成を示したが、光源からの光に変調をかけ、後に波長選択しても同様にアド光信号を生成することができ。

[0047] 同図(b)は、ブロードキャスト機能を実現する図である。同図(a)のOADM装置が同図(b)のように伝送路で接続されている場合、波長λ1の光信号をOADM1で3でブロードキャストしたいとする。OADM1では、波長λ1をドロップし、AOTFでは波長λ1を選択せず、また、波長λ1のグリッドに光信号をアドしないようにする。すると、波長λ1の光信号はOADM1をスルーし、次のOADM2に入力される。OADM2でも波長λ1の光信号をドロップし、AOTFでは波長λ1を選択しないようにする。すると、同様に波長λ1の光信号はOADM3に伝送される。OADM3では、波長λ1をドロップすると共に、AOTFで波長λ1を選択し、波長λ1の光信号を波長λ2～λnまで多重化された光信号となる。

[0048] このように、同図(a)の構成によれば、OADM1～3に波長λ1ののった同じ光信号をドロップすることができるので、ブロードキャスト通信を行いやすい場合に容易に実現できるという利点がある。

[0049] 同図4は、OADM装置内のAOTF及び伝送路の冗長構成を示す原理図である。同図(a)は、OADM内のAOTFの冗長構成を示している。

モニタ部のスイッチは、入力する光信号を順次切り替えて、スペクトルアナライザSAUに光信号を送り、各場所での光スペクトルの線形を解析し、モニタするために設けられている。スペクトルアナライザSAUはスペクトルアナライザコントローラSAU CNTにより制御される。スペクトルアナライザSAUは、順次切り換えられ、入力される光信号を解析する作業と並列的に解析結果のデータを出し、スペクトルアナライザコントローラSAU CNTで処理を受け、不図示の制御線によって、スペクトルの状態が各所で最適になるように制御信号が伝送される。あるいは、オペレータが向き、スペクトルの線形を直接モニタすることができるようにも構成される。

[0054] 光増幅部1LAの前段の増幅媒体で増幅された光信号は、伝送路での分岐を打ち消すために、分岐補償ファイバDCFに入力される。この後、更に、後段の増幅媒体に入力され、パワーの大きくなった光信号が増幅媒体に接続されているBISTは、ブースタと呼ばれ、OADM装置に入力される。なお、光増幅部の後段の増幅媒体に接続されているBISTは、ブースタと呼ばれ、増幅媒体、例えば、エルビウムドープファイバに光増幅を行うための励起光を供給するものである。

[0055] 光増幅部1LAで増幅された光信号は、前述した冗長化のためのスイッチ部PSW1に入力される。このスイッチ部PSW1の詳細は省略する。スイッチ部PSW1を通過した光信号は、次に、チューナブルフィルタモジュールTFMに入力される。チューナブルフィルタモジュールTFMの入力には、光モジュールが設けられている。これは、モジュール間がちゃんと接続されているかを監視する機能のものであり、入力した光信号のパワーを抽出して、不図示の制御部に通知する。不図示の制御部は、このモニタ結果を解析して、モジュールが正常に接続され、光信号が来ているかを判断する。例えば、モジュールが外れている場合など強度の強い光が漏れている場合には、側に入っていると、その人に危険が及ぶので、光スイッチを切るなどの処理をする。このような光モニタはチューナブルフィルタモジュールTFMの出力側にも設けられており、基本的に同じ役割をなうものである。

[0056] 光モニタを通過した光信号は、AOTF1に入力される。AOTF1は、チューナブルフィルタモジュールTFDのコントローラCNTからの制御信号によって、制御される。すなわち、コントローラCNTから、制御部は、RF信号を生成する回路(図5で、増幅器とPLL回路からなっていることが示されている)に印加され、このようにして生成されたRF信号がAOTF1及びAOTF2に印加される。AOTF1で述べたように、例えば、個数目的の波長の光信号が選択され、図5の上側のポートに出力される。AOTF1をスルーした光信号は、個数モード分岐補償部PMDに入力される。

[0057] AOTFは、後述するように、入力光信号のTEモードの光とTMモードの光とを表面弾性波(SAW)との相互作用により、所定の波長の光信号のモードのみを変換し、出力ポートを変換するものである。このAOTFは一般に、ニオブ酸リチウム等の複屈折性を持つ材料で構成されており、何の作用も受けないスル一する光信号のTEモードとTMモードとの間に伝搬速度の違いを生じる。このとき生じる時間遅延は、AOTFの1つのデバイスは3段構成になっているとした場合(後述)、50ps程度となる。ところで、本実施形態のOADM装置は、10Gbpsの伝送速度を有するシステムに使用することが望まれているが、10Gbpsの場合、1つのビットに与えられるタイムスロットは100ps程度である。従って、AOTFをスルーすることはよって受ける個数モード分岐は、1タイムスロットの50%程度のずれを異なるモード間に引き起こすため、このままでは、光信号を正常に変換することができなくなってしまう。従って、ここでは、1つのAOTFを通過する毎に個数モード分岐補償を行うようにしている。個数モード分岐を補償する方法としては、やはり個数モード分岐を有するPANDAファイバ等の軸をAOTFの軸と直交させるように接続する。このようにすれば、AOTF内で速く伝播していたモードはPANDAファイバ内では遅く、AOTF内で遅く伝播していたモードはPANDAファイバ内では速く伝播することになる。AOTFの個数モード分岐を補償するために必要なPANDAファイバの長さは、AOTFの特性や、使用するPANDAファイバの特性にも依存するが、約20mである。

[0058] 一方、波長選択された光信号、すなわち、ドロップ側の光信号の場合には、AOTFの内側で、SAWとの相互作用により、TEモードに入ってきた光信号はTMモードに変換されながら伝播し、TMモードで入ってきた光信号は、TEモードに変換されながら伝播するので、TEモードで分岐を受ける時間とTMモードで分岐を受ける時間が等しくなる。従って、最初、TEモードで入力された光も、TMモードで入力された光も、AOTF内部を伝播している間に、TMモードとTEモードとにそれぞれ変換されるため個数モード分岐は生じない。

[0059] 個数モード分岐補償器PMDを通過した光信号は、光増幅部TFAに入力され、増幅媒体によって光信号が増幅される。AOTF1を通過してきた光信号は、AOTFのロスのためパワーが弱くなっている。AOTF2に入力してドロップされる光信号と、AOTF1でドロップされた光信号との間にレベル差が生じてしまうため、これを補償する必要がある。例えば、AOTF1つのロスは10dB程度である。光増幅部TFAで増幅された光信号はAOTF2で、例えば、奇数番目の波長の光信号が分岐され、残りの光信号はス

ルしていい。
【0060】AOTF1とAOTF2で分岐されたドロップすべき光信号は、2×2カブラで合波され、再び光増幅部TFAで増幅され、トリビュタリ局へ送られる。一方、2×2カブラ1のもう一方のポートからは、光アッテナライザを介して光スベクトルモニタ部のスペクトル光信号が出力される。ドロップされた光信号の波長及びパワーが所定の基準を満たしているか否かが検出される。

【0061】AOTF2をスルーした光信号は、前述したように、偏振モード分散補償器PMDに入力され、偏振モード分散が補償された後、光モニタ部を介してスイッチ部PSW2の2×2カブラ2に入力される。スイッチ部PSW2の2×2カブラ2には、アド光信号も入力される。アド光信号は、光増幅器PWA1で増幅され、トリビュタリ局からの伝送ロスによる損失が補償される。更に、分散補償ファイバDCFによる分散が補償され、2×2カブラ2に入力される。2×2カブラ2で合波されたスルー光信号とアド光信号は、冗長化のためにスリッチを介して、光増幅器PWA2に入力され、ブースタBST3、4からの励起光により増幅され、カブラで分岐される。大部分の励起光は、カブラから伝送線に出力されるが、一部は光スベクトルモニタ部に送られ、波長ずれや各波長の光信号のパワーが解析される。光増幅器PWA2による光信号の増幅は、OADM装置全体を通して行うことができる。

【0062】図6は、図5のOADM装置を使ったシステムにおけるトリビュタリ局の構成例を示した図である。チューナブルフィルタモジュールTFMでドロップされた光信号は、トリビュタリ局の波長分岐器で各波長に分岐される。図6の場合、波長λ1～λ132までの32波に分岐されている。これらの各波長の光信号は、既存光ネットワークの光電気変換部OEで受信され電気信号に変換された後、当該ネットワーク用の信号、例えば、1波長ネットワークの場合には、そのネットワークで使われている波長の光信号に変換され、伝送される。一方、既存光ネットワーク等の信号出力部では、電気光変換部EOで電気信号が図5でドロップされた光信号の波長λ1～λ132に変換されて、送出される。これらの光信号は、アッテナレータで相対的レベル調整が行われ、合波器で合波されて、図5のOADM装置にアド光信号として送出される。

【0063】なお、図6では、ドロップ光信号の波長は32個あり、この32個の波長全てが使用されているように示されているが、システム上の構築当初は、これら波長を全て使用する必要はなく、一部の波長のみを使用してもよい。この場合、図5のチューナブルフィルタモジュールTFMでドロップされる波長も32波以下に設定される。

【0064】また、図6のように、波長分岐器で各波長の光信号に分岐してしまふと、受信する波長を変えたいという場合には、波長分岐器が各波長に先に分岐してしまうので、対応するものが無いという点が存在する。例えば、受信側で同じ波長の光信号を受信したいという場合には、波長分岐器の1つのポートから信号を分岐しなければならず、そのような構成がシステム構築当初から設けられていない場合には、1つのポートからの光信号を分岐するカブラ等を新たに設けなくてはならない。

【0065】図7、8は、AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成の例を示す図である。図7の構成は、基本的に図5の構成と同様であるので、詳細な説明は省略する。

【0066】伝送路より入力される光信号は、光増幅部ILAで増幅され、分散補償ファイバで分散が補償されて、スイッチ部PSW1に入力される。スイッチ部PSW1は、前述したように、現用、予備の冗長化のための構成である。スイッチ部PSW1から出力された光信号は、チューナブルフィルタモジュールTFMの光モニタ部を通して、AOTF1、AOTF2でドロップ光信号がドロップされて、2×2カブラ1に入力される。

【0067】2×2カブラ1からの出力のうち一部は、スベクトルアナライザSAUに入力され、スベクトルが解析される。2×2カブラ1で合波されたドロップ光信号は光アンプで増幅された後、1×4カブラで分岐される。図6では、ドロップ光の波長数は4であるとしているが、必ずしも4に限られるものではない。1×4カブラで分岐された光信号は、全てのドロップ波長を含んでおり、トリビュタリ局の受信部TRB1のAOTFで各波長が抽出される。この場合、AOTFは1×4カブラからの光信号の中から所望の波長を抽出する作用をしており、ドロップする光信号の波長を変えたい場合には、通常のバンドパスフィルタも使用可能である。AOTFを使用するのは、本システムを使用するユーザとしてシステム使用にアド・ドロップする光信号の波長を変えたい場合に強く望まれることである。なお、波長選択フィルタとしてのトリビュタリ局のAOTFは、構築されているチューナブルフィルタコントローラTFCによって制御される。図6の場合には、AOTFが2つしか設けられていないが、ドロップ光信号として4波を使用する場合には、AOTFを4つ使用する。

【0068】AOTF1でドロップされなかったスルー光は、偏振モード分散補償器PMDで偏振モード分散が補償され、光アンプに入力される。AOTF2に入力される光は、このように、AOTFを2段にしているのは、前述したように、1つのAOTFでドロップすべき波長の一部、例えば、偶数番目の波長の光信号をドロップし、もう1つのAOTFで残りの波長、例えば、奇数番目の波長の光信号をドロップするようにしているもので

ある。これは、AOTFの波長選択特性の半値幅が比較的広いので、クロストークをできるだけするためになされている処理である。

【0069】AOTF2をスルーした光信号は、再び、偏振モード分散補償器PMDによって偏振モード分散が補償されて、光モニタ部PSW2の2×2カブラ2に入力され、アド光信号と合波される。図6の場合、ドロップ光の波長が4波であるので、アド光信号の波長も4つの同じ波長を使用する。カブラCPL4には、1×8カブラが設けられており、将来のアップグレードに対応できるように構成されているが、現在使われているのは1～4番のポートのみである。カブラCPL4で合波された各波長のアド光信号は、光アンプPWA1で増幅され、分散補償ファイバDCFで分散が補償されてから、スイッチ部PSW2の2×2カブラCPL2に入力される。そして、スルー光とアド光が合波され、プロテクションスイッチ（現用、予備を切り替えるスイッチ）を通して、OADM装置の出力側の光アンプ部PWA2に入力される。そして、光アンプ部PWA2から入力された光信号は、励起光源BST3、BST4からエネルギーを与えられて、パワーが増幅された後、カブラCPLを介して伝送線に出力されていく。なお、カブラCPLで分岐された一部の光信号は、スベクトルアナライザユニットSAUに送られ、OADM装置から出力される光スベクトルの状態が解析され、OADM装置が正常に動作しているか否かのモニタに使用される。

【0070】図8は、トリビュタリ局のアド光送信側の構成を示す図である。アド光送信側は、レーザパンプと光変調器及び不図示の電気ADM装置（EADM）から電圧信号として送信されてきて、レーザパンプからの光を変調する駆動信号として使用される。

【0071】レーザパンプは、複数の互いに異なる波長の光を出力するレーザダイオードユニットLDU#1～#4に収納されている。ここで、種々発生時に対応するため冗長化がなされており、レーザダイオードユニットLDUは、現用（Work）と予備（Protection）とが用意されている。また、アドする光信号の波長が1～32のいずれの波長にも変更可能なように、異なる波長を出力するレーザダイオードが32個設けられている。これらのレーザダイオードから出力される光は、合波器で合波され、1～32の波長の光が波長多重化された光を生成する。レーザダイオードユニットが冗長化されているのに、レーザダイオードと予備が設けられている。対応して合波器が32個設けられており、光アンプで増幅される。光アンプ部も冗長化されており、光アンプ部の構成は、増幅媒体を2つ設け、その間にアッテナレータを挟んだようになっている。これは、間にアッテナレータ

タを入れることによって、後段の増幅媒体への光の入射強度を調整する作用を得るものである。増幅媒体で増幅された光信号は、カブラCPLで一部が分岐されて、カブラCPL3に入力される。分岐された光信号は、スベクトルアナライザユニットSAUに入力される。スベクトルアナライザコントローラSAUCNTと、これに制御されるスベクトルアナライザSAUとからなるおり、カブラCPLはシステム全体のオペレータが手動でレーザパンプからの出力光の検査をする場合に必要出力光をモニタポートに出力するものである。スベクトルアナライザユニットからの解析結果は格記されているレーザダイオード制御部LDCに送られ、レーザダイオードを制御するのに使用される。図8に示されるように、スベクトルアナライザユニットSAU及びレーザダイオード制御部LDCも冗長化されている。

【0073】このように、異なる波長のレーザダイオードを複数用意し、これらの光を合波して使用するの、発振波長を可変できるレーザが非常に不安定で、発振波長が精密に安定している必要のある光通信においては、十分な信頼を得られないからである。

【0074】複数のレーザダイオードから出力された光を合波したものは、光増幅器で増幅された後、カブラCPL3の1×8カブラに入力される。1×8カブラでは、入力された光をアド光信号の波長として使うだけ分岐し、光変調器に送る。今の場合、アド・ドロップする光信号の波長は4つだけであるとしているので、実際に光変調器に送られるのは、1×8カブラの4つのポートのみである。残りのポートは反対方向の通信回線用に設けられている光変調器（不図示）に光を供給するために使用される。

【0075】1×8カブラの出力ポートに接続されたファイバは、アドする光信号の波長分岐けられた変調器を有する光変調器に送られる。図6では、内部構成は、1つについてのみの記載となっているが、実際には、同じ構成の変調器が4つ設けられている。レーザパンプから送られてきた光は波長選択部TFR1の前後のAOTFで、先ず、アド光として使用する波長の光が選択される。この選択された波長の光は変調器の波長選択部に入力される。一方、電気ADMからは、所定の波長の光信号としてデータが送られてきて、受信器ORで受信され、電気信号に変換される。この電気信号は分配器で分岐され、デジタルフリップフロップDFFと電気増幅器を介して変調器Modに印加される。変調器Modは、この電気信号の印加を受けて、波長選択部の前後のAOTFで選択された波長の光信号を変調し、出力する。変調された光信号は1×2カブラで分岐され、一方がコントローラで検出され、所望の変調が行われているか否かが確かめられる。この検出の結果は、電気増幅器にフィードバックされ、変調器Modが安定して動作す

るように調整される。

【0076】このようにして、変調器Modで変調された光信号は、光アンプPOAで増幅した後、波長選択部の後段のAOTFに入力されてアド光信号として送出される。ここで、光アンプPOAで増幅した後には再びAOTFを通過させるのは、光アンプPOAで発生したノイズを除去するためのものであり、このAOTFは波長選択部の前段のAOTFの選択波長と同じ波長を選択するように設定されているものである。

【0077】なお、レーザバンクからの光の中からアド光信号を選択するのには、選択波長固定型のフィルタではなく、選択波長を可変できるAOTFを使用するのでは、アド・ドロップする光信号の波長を変えたいときに容易に対応できるようにするためである。

【0078】また、波長選択部の前段のAOTFでアド光信号に使用する波長を1波だけ最初に選ぶことによって、変調器Modの後段の光アンプPOAは、1波用のアンプで良くなり、小型のアンプを使用することができ、前述したように、最初に変調をかけて、後に波長を選択することも可能であるが、この場合には、変調器の後段のAOTFは波長多重用光信号のアンプでなくしてはならず、大型になるとともに、高価になってしまう。

【0079】図9、10は、AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成の第3の例である。図9の場合、伝送路が現用と予備に冗長化されている様子が描かれていて、UPSR (unit-directional path switch ring) や2ファイバ、4ファイバのBLSR (bi-directional line switch ring) 等の構成がある。同図の場合、4ファイバBLSRを前提にしており、伝送路(PB)と対向側の伝送路のOADM装置に接続されるBLSRの組合せ方向の伝送路を示し、伝送路(P)と記載されているのは4ファイバBLSRの場合の反対方向の伝送路のOADM装置に接続される光1+1プロテクトジョイント(1+1 SW)への光信号伝送ケーブルを示している。これらは、伝送路及びOADM装置の冗長化の為に設けられており、システムの冗長化については、後述する。

【0080】現用の伝送路から入ってきた光信号は、光増幅部1LAで増幅されると共に、分岐補償ファイバIDCFによって分岐が補償され、スイッチ部PSW1に入力される。スイッチ部PSW1では、LBスイッチと1+1スイッチとが設けられているが、ネットワークが2ファイバのBLSRと4ファイバのBLSRのいずれを使用しているかによって、いずれかのスイッチのみが取られる。

【0081】スイッチ部PSW1を通過した光信号は、チューナブルフィルタモジュールで前述した作用により、ドロップ光がドロップされ1×8カブラを有するカ

ブラ部CPL1に入力される。1×8カブラでは、ドロップされた波長を全て含んでいる波長多重光信号を8つに分岐し、トリビュタリ局の受信部へと送信する。チューナブルフィルタモジュールをスルーした光信号は、スイッチ部PSW2の2×2カブラに入力される。トリビュタリ局から送信されてくるアド光信号は、カブラ部CPL4の1×8カブラで合波され、光アンプPWA1で増幅される。そして、増幅された光信号は、分岐補償ファイバIDCFで分岐補償され、スイッチ部PSW2の2×2カブラでスルー光と合波される。

【0082】カブラ部CPL4の1×8カブラの前段に光モニタが各波長のアド光信号毎に設けられているが、これは、カブラ部CPL4がちゃんと装着されているか否かをモニタするために設けられているものである。

【0083】2×2カブラで合波されたスルー光とアド光は、冗長化のために設けられた1+1スイッチ、及び、LBスイッチを通過して、光アンプPWA2で増幅されて、伝送路に送出される。

【0084】図10は、図9の具体例におけるトリビュタリ局側の構成を示した図である。受信側では、OADM装置からドロップされ、分岐された光信号の波長だけ受信器TRB#1～#8(1)が設けられる。これについて説明する。他の受信器TRB#2～#8(1)も同様の構成である。

【0085】先ず、ドロップされた光信号は8波からなっており、この光信号が受信器TRB#1(1)に入力されると、光アンプAMP1で増幅される。光アンプAMP1は、励起光源BSTから励起光を受け取っている。増幅された光信号は、カブラ部CPL2の1×4カブラでドロップされた光信号の波長数分に分岐される。ここでは、4つに分岐されている。次に、光信号の波長交換を行うトランスポンダ#11に入力される。詳細な構成は省略されているが、トランスポンダは#1～#4の4つあり、それぞれ1×4カブラから出力される光信号を受信する。

【0086】トランスポンダ#11に入力された光信号は、波長選択フィルタとしてのAOTFにより、1つの波長の光信号が選択され、光受信器ORによって電気信号に変換される。この電気信号は、分配器D-FFおよび増幅器を通過して、変調器Modに印加される。変調器Modは、送信側のレーザバンクLDBKからの光が送信されてきており、レーザバンクLDBKから送られる複数の波長の中から適当な波長がAOTF1で選択されて、入力される。そして、AOTF1で選択された光信号は変調器Modで変調されて出力される。出力された光信号は、光アンプPOAで増幅された後、AOTF2で増幅器のノイズ成分が取り除かれ、他のネットワーク等へ送信される。このように、他のネットワークにデータを送

分岐補償された後、2×2カブラでスルー光と合波される。ここで、2×2カブラや2×8カブラはそれぞれ1×2カブラや1×8カブラでもよく、ここで、出力ポートが1つ多いカブラを使っているのは、合波された光信号の状態をモニタしようとするときのための便宜を考慮のことである。従って、必ずしも2×2カブラや2×8カブラを使用しなくてもよいことはない。

【0091】アド光信号とスルー光信号とが合波された光信号は、現用・予備を切り替えるためのスイッチ+1スイッチ及びLBスイッチ)を通過した後、光アンプPWA2によって増幅され、伝送路に送出される。

【0092】図12は、トリビュタリ局の受信側構成の变形例を示した図である。受信器TRB#1は、トリビュタリ局の衣段に接続するネットワークが単波長ネットワークの場合の構成である。OADM装置からドロップされた後、カブラ部CPL2の1×4カブラで4つに分岐される。ここで、分岐する数が4であるのは、OADM装置で2×2カブラで分岐された光信号は、それぞれに設けられているAOTFに送られ、それぞれの波長の光信号が選択される。各波長1～4の光信号が選択されると、これらは、そのまま単波長ネットワークにそのまま送信される。なお、単波長ネットワークがサポートする光信号の波長がドロップされた光信号の波長でないときには、単波長ネットワークに接続する前段に波長交換を行うトランスポンダを設けて、サポートされている波長で光信号を送信するようにする。

【0093】受信器TRB#2は、トリビュタリ局の衣段に接続するネットワークが多波長ネットワークであるが、4波までの波長多重システムである場合を示している。OADM装置からドロップされてきたドロップ光信号は、光アンプAMPで増幅された後、1×4カブラで4つに分岐され、1×4カブラの出力ポート毎に設けられた波長選択器TR#1～#4に入力される。AOTFはドロップ光信号の中から1波のみを抽出される。抽出された光信号は、単波長用の光アンプPOAで増幅され、再びAOTFに入力される。後段のAOTFは、前述したように、光アンプPOAのノイズを除去するためのものである。このようにして、波長選択器TR#1～#4で抽出されたドロップ光信号は2×4カブラで合波され、波長多重ネットワークに送信される。もちろん、ドロップされたままの波長を衣段の波長多重ネットワークがサポートしていない場合には、トランスポンダを介して、波長を変換して接続するようにする。

【0094】受信器TRB#8は、4波以上の波長多重光信号をサポートしているネットワークに接続する場合のトリビュタリ局の構成を示している。4波以上のドロップ光信号の波長を選択する場合には、OADM装置に使用されているように、AOTFを2段に使用して、波

信する場合には、ドロップされた光信号のままでは伝送できない可能性がある。このように波長にでも交換できるようにトランスポンダが設けられている。また、変調器Modの出力は1×2カブラで分岐され、コンローラに抽出されて、変調器Modの動作を安定させるためにフィードバックがかけられる。

【0087】このように、受信側のトランスポンダの動作は、図8の光変調器のものと同様に同じである。一方、送信側では、不図示のレーザバンクLDBKから変調に使うための光が送信されてくる。この光は、送信器#1～#8(2)のカブラ部CPL5に入力される。入っているか否かをモニタするための光モニタを通過し、次に1×8カブラで8つの光に分岐され、光アンプAMP#1～#4によって増幅される。このうち、アド光信号を生成するために使用されるのは、4つのみであり、他の4つは、受信側のトランスポンダに光信号の波長交換用光として送られる。

【0088】レーザバンクからの光のうち、アド光信号生成のために使われる4つの光は、トランスポンダ#5のAOTF3に入力され、アド光信号生成のための波長が選択され、変調器Modに送られる。アド光を調整するべきデータは、他のネットワークから光信号で送信されてきたものを光アンプAMP2で増幅し、1×4カブラで分岐した後、AOTF5で波長を選択し、光受信器ORで電気信号に変換する。この後の動作は、受信側のトランスポンダと同様なので説明を省略する。そして、AOTF4から出力されるアド光信号は、同様に生成されたトランスポンダ#6～#8までの光信号と1×4カブラで合波され、OADM装置にアド光信号として送信される。

【0089】図11、12は、AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成の第4の例を示す図である。図11の構成は、図9の構成とほとんど同じなので、概略説明する。なお、同図の場合には、アド側に接続がなされていないが、省略されているだけであって、実際には、トリビュタリ局のアド光信号送信部が接続されるべきものである。

【0090】伝送路より入力した光信号は、光増幅器で増幅され、分岐補償ファイバIDCFで伝送路の分岐が補償されて、現用・予備切り替え用スイッチ部PSW1に入力される。ここで、切り替えるのは、ネットワークが採用している冗長構成によって異なるが、ここでは、4ファイバBLSRを前提としている。スイッチ部PSW1を通過した光信号はチューナブルフィルタモジュールでドロップ光がドロップされ、ドロップ光信号は、1×8カブラでトリビュタリ局の受信部へ送信される。スルー光信号はそのままスイッチ部PSW2の2×2カブラに入力される。アド光信号は、2×8カブラで合波された後、光アンプPWA1で増幅され、分岐補償ファイバIDCFで

長を選択するようにする。AOTFはチューナブルフィルタドライバTFDによって駆動される。OADM装置でドロップされた光信号は、全て2段のAOTFによって選択されるので、2段目のAOTFのスルーポートには、原理的にノイズ以外には光信号は出てこない。従って、2段目のAOTFのスルーポートから出力される光は破壊する。その他の構成及び動作は、OADM装置のAOTFによる光信号のドロップのための構成及び動作と同じなので、説明を省略する。

[0096] このようにして、選択された波長のドロップ光信号は、2×2カプラで合波され、増幅され、次の段の波長多重ネットワークに送信される。尚、前述の通り、次の段のネットワークがドロップされたままの光信号の波長をサブポートしない、あるいは、別の光信号を使用している場合には、波長変換して次のネットワークに送付する。

[0096] 図13は、アド光信号を生成するための光を供給するために使用されるレーザバンクの構成及び概念を説明する図である。任意波長のOADMシステムを構築するためには、任意の波長の光信号をドロップできるだけでなく、対応する任意の波長の光信号をアドできる必要がある。そのためには、トリビュタリ局間で任意の波長の光信号を生成できなければならないので、波長を任意に変えることのできる光源が必要である。しかし、現在光源として広く使われているレーザダイオードとレーザというものは、発光媒体を反射鏡で挟むという構成をとっており、発振波長はこの発光媒体の特性と、反射鏡間の光学的距離に依存する。特に、同じレーザで異なる波長を発振させようとする場合には、反射鏡間の光学的距離を変えなければならないが、この方法があまりないというのが現状である。現状考えられる光学的距離の変更の仕方、反射鏡の位置を機械的に移動させるか、温度を上下して、発光媒体の屈折率を変化させるかというくらいである。反射鏡を機械的に動かすのは、レーザが可動部を有することになるため、反射鏡の位置が狂いやすく、安定したレーザを発振を行うことができない。また、温度を上下して波長を変化させる場合には、レーザの構成に可動部がないので、安定した発振はできるが、温度上昇などによる波長の変化が小さいので、波長多重システムのグリッド全体をカバーすることはできない。

[0097] そこで、本実施形態では、使用の可能性のある全ての波長を発振波長とする個々のレーザダイオードを用いておき、これらが発振するレーザ光を束ねて1つの光として、これを様々な所に使用することとし、

[0098] レーザバンクの構成は、図14に示されている通りであり、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ をそれぞれ発振波長とする

レーザダイオード139を設け、それぞれに発振させる。それぞれが発振する波長は、スペクトルモニタ133で監視され、予め定められている基準波長値と比較し、ずれが生じた場合には、発振波長にずれの生じたレーザダイオード139の駆動電流あるいは温度を調整して、発振波長が所定の値になるように調整される。

[0099] 各レーザダイオード139が発振する光信号は、合波器138で合波され、1つの光とされる。そして、光アンプ136で増幅され、分配器131で必要な数だけ分岐される。

[0100] この光を使用する場合には、AOTF等のチューナブルフィルタ132、あるいは、使用する波長が固定しているのであれば、選択波長の固定されているバンドパスフィルタ等で必要な波長をレーザバンクからの光から抽出し、外部変調器135で変調をかけ、光アンプ137で増幅して送出する。

[0101] このように、複数の波長の異なる光源の光を合波して、これを利用するようにすれば、光源の発振とて抽出して使うことができる。特に、波長分割多重通信システムでは、各チャネルの光信号の波長がITU-Tの勧告で規定されているので、それ以外の波長を任意に使用することはないと考えてよいので、レーザバンクを使用すれば十分である。

[0102] 図14～図20は、OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図である。なお、図にはAOTFが1つしか記載されていないが、前述したようなAOTFを2つ用いる場合も同様である。

[0103] 図14は、OADM装置を含むOADMシステムの初期状態を示している。入力側から例えば、32波の波長多重光信号が送信されてきた場合には、まだ、システムが良好な状態を維持しているが、送信される光信号があまりいい、そこで、OADM装置のAOTF140は、32波全ての波長を選択するように、RF信号発振器からRF信号をAOTF140に印加する。すると、入力側から入力された32波全ての波長はドロップされてしまい、スルー側（出力側）には光信号が出力されない。従って、32波全ての光信号は、トリビュタリ側へ送信される。トリビュタリ局では、送信されてきた光信号を光カプラ142で分岐し、各波長の光信号を選択するAOTF143に送る。通常動作時では、AOTF143は、ドロップすべき波長を選択するのであるが、初期状態では、AOTF143に入力側から伝送されてきた32波の光信号からは、遮れ光等が生じた程度に十分離れた位置を選択波長とするようなRF信号を入力する。このようにすれば、32波の内、AOTF143で選択される波長がないので、光受信器144に送信される光信号は存在しない。このように、システムの初期状態では、全てのパスが閉じられ、どこも光信号を受信しない状態となる。

[0104] なお、AOTF143は、常に1波長を選択するためのRF信号が印加されるので、光信号を選択しない場合にも、32波以外の場所を1つ選択するようなRF信号を印加しておく。これにより、AOTF143に印加されるRF信号のパワーが光信号を選択する場合同じ場合と同じになり、AOTF143の動作を安定化させることができる。

[0105] 図15は、OADM装置によるドロップが行われない場合のAOTFの制御方法を示している。スルーする場合には、AOTF140には、32波の波長以外の場所に選択波長を設定するようなRF信号をRF信号発振器141で生成して、印加するようにする。RF信号は光信号は選択しないが、32波の波長を選択するような32個の周波数からなるRF信号が印加される。これは、図14のとき、AOTF140に32波分のRF信号が印加されていたので、AOTF140の特性をあまり大きく変えないようにするため、わざと32個の周波数のRF信号を印加しているのである。

[0106] これにより、32波全ての光信号はスルー側（出力側）に送信される。トリビュタリ局側には、20光信号はドロップされない。したがって、光カプラ142にも光信号は入力されないが、AOTF143は、32波以外の波長位置を選択するようなRF信号を印加しておく。このRF信号は1波のみを選択するような、1個の周波数からなるRF信号である。これは、前述したように、AOTF143の動作が、RF信号のパワーの変化によって変わってしまわないようにするためである。従って、光受信器144では光信号は検出されない。

[0107] 図16は、OADM装置でドロップはしないが、入力される光信号が波長毎に異なるパワーを有している場合のAOTFの制御方法を説明する図である。なお、図では、波長が $\lambda_1 \sim \lambda_{32}$ に行くに従ってパワーが大きくなる、いわゆる、チャネルが起きている場合のみを示しているが、各波長のパワーが全くバラバラでも同じ作用を得ることができる。

[0108] すなわち、AOTF140に印加されるRF信号のパワーの違いにより、ドロップされる光信号のパワーも異なってくるので、RF発振器141からは、パワーの大きい波長の光信号をより多くドロップするようにし、パワーの小さい波長の光信号をより少なくドロップすることによって、スルー側（出力側）に出てくる光信号はパワーが揃って出てくるようになる。一方、トリビュタリ局側には、AOTF140に入力された時のパワーに応じた量のドロップ光が表れることとなる。この光は、光アンプで増幅されたり、光カプラ142で分岐されるが、AOTF143の選択波長を32波の波長域から十分離れた位置に設定することにより、AOTF143からは光信号が出力されない。従って、光

受信器144では、光信号を受取ることが無く、ドロップ動作は行われないことになる。

[0109] このように、AOTF140を波長をドロップする為だけに使うのではなくて、波長のパワーの違いをなくするために使用することによって、システムの伝送品質の向上に役立てることができる。

[0110] なお、AOTF140には、やはり、常に32個分の波長を選択するための32個の周波数のRF信号を印加するようにしておき、AOTF143には、1波のみを選択するための1個の周波数のRF信号を印加するようにしておく。これにより、AOTF140及び143の動作を波長を選択するか否か、あるいは、選択する波長の数によらず、安定させることができる。

[0111] なお、上記した波長のパワーの違いを補償する動作は、制御CPUを設けておいて、ソフトウェアで行うようにしてもよい。図17は、OADM装置でドロップを行う場合の各AOTFの制御方法を説明する図である。

[0112] ここでは、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{32}$ の内、 λ_2 と λ_{32} のみをドロップする場合を考える。入力側から32波の光信号が入力されると、AOTF140には、波長 λ_2 と λ_{32} とを選択するようなRF信号が印加されると共に、AOTF140の動作を安定化させるために、32波の光信号の波長から十分離れた位置に30波を選択するような30個の周波数のRF信号をRF信号発振器141で生成して、印加しておく。これにより、AOTF140に印加されるRF信号は32波分を選択するものとなるが、実際にドロップされる光信号は波長 λ_2 と λ_{32} のみである。残りの波長の光信号はスルー側（出力側）へ送出される。

[0113] ドロップされた波長 λ_2 と λ_{32} は、トリビュタリ局側へ送られ、光カプラ142で分岐され、AOTF143に印加される。AOTF143は、1波のみを選択するように1波のみを選択するための1つの周波数のRF信号が印加される。AOTF143の一方は、波長 λ_2 を選択し、もう一方は波長 λ_{32} を選択する。このようにして、光受信器144の一方では、波長 λ_2 の光信号が受信され、もう一方では、波長 λ_{32} の光信号が受信される。

[0114] このように、AOTF140と143には、常に同じパワーのRF信号を印加するようにしておき、AOTFの動作の安定を図る。また、波長多重された光信号間のパワーの違いを抑える働きも持たせることができる。

[0115] 図18は、トリビュタリ局側での選択波長のトラッキングについて説明する図である。OADM装置のAOTF180からドロップされた光信号は光カプラ181でドロップされた波長成分（図中では4波）に分岐され、AOTF182で各波長が選択される。しかし、温度変化やRF信号の周波数のずれなどにより、

ドロップされた光信号の波長とAOTF182の選択波長とが一致することから、図18で説明した処理と同様の処理により、AOTF200をトラッキングする。光カプラ199から出力された光は、光変調器197によって変調され、次段で増幅された後、AOTF196で波長選択を受け、このAOTF196は、AOTF200と同じ選択波長を有する必要があるため、トラッキング回路203が得た情報をOADM装置制御CPU193が取得し、直接AOTF196に印加されるRFF信号を制御する。これにより、AOTF196とAOTF200は同じ波長選択特性を有することになり、同じ波長の光信号を選択し、選択することになる。AOTF196を通過した光信号は、アド光信号として光カプラ195で合波され、途中分岐補償ファイバで分散補償され、AOTF180をスルーした光信号と光カプラ190で合波される。

[0119] アド光信号が合波された光信号は、増幅され、アド光信号が正常にアドされているか否かを検出するために、光カプラ191で分岐され、1×4光スイッチ204を介して光スベクトルアナライザ192で解析される。この結果は、OADM装置制御CPU193で制御信号生成に使用され、AOTF180やAOTF196、あるいは、トラッキング回路203を介してAOTF200を制御する。

[0120] 1×4光スイッチ204には、逆方向伝送用のOADM装置及びトリビュエタリ局からの光信号も入力され、順次切り替えて光スベクトルモニタ192に出力するようになっている。これは、光スベクトルモニタ192が高画質で、且つ、大型であるため、各所にそれぞれ設けるのはコスト的にも小型的にも好ましくないからである。そのかわり、光スベクトルモニタ192は、光スベクトルの解析とデータの送出手を並列に行うことができるように構成されており、1つの光信号のスペクトルの解析が終わった後、データの送出手を待たずに、次の光信号のスペクトルの解析を始めることができるようになっている。通常、光スベクトルモニタ192においては、光信号のスペクトルの解析とデータの送出手が同じ位の時間だけかかるのである。データの送出手を待たずに次の光信号の解析を始めるのは測定時間を長引かせ効率的でない。そこで、1×4光スイッチ204を、光スベクトルモニタ192が光信号のスペクトル解析が終わった後、次の光信号のスペクトル解析を始めるように制御する。

[0121] なお、OADM装置制御CPU193は、内部にROMを持ち、AOTF180がドロップする時には、AOTF180に印加するRFF信号のデータ、スループットのRFF信号データなど複数のRFF信号の印加状態を記憶しておく。このROMのデータを用いてAOTF180に印加するRFF信号の発振周波数の設定値を変更することで、瞬時に所定のRFF周波数とパワーを印加することを可能としている。

ンスは以下のようにする。すなわち、AOTF182を最初に駆動し、動作が安定したら、次にAOTF180を駆動する。AOTF180の動作が安定したら、光変調器184でドロップ光信号を受信する。次にAOTF196、200を駆動し、動作が安定したら、光変調器197を駆動し、アド光信号を送出する。

[0123] 図20は、AOTFへのRFF信号の印加の仕方を説明する図である。AOTFに突然RFF信号を印加すると、対応する光信号が突然選択され、出力される。この状態で、AOTFはロスが大きいため、通常AOTFの後段に光アンプが挿入される。この構成において、AOTFが突然光信号を選択し、光アンプに急に入力された光が入力されると、光サージ現象が起きる。これを防ぐためには、光アンプに入力される光が50〜60msの時間をかけて立ち上がりが必要である。そこで、RFF信号のパワーを50〜60msかけて徐々に上げていくようにする。このようにすれば、AOTFで選択される光のパワーはRFF信号のパワーに一致して対応するので、光も50〜60msかけて立ち上がるようになる。RFF信号の立ち上がりとしては、アナログ的に滑らかに上昇させる方法もあるが、デジタル制御することを考え、50〜60msをn(nは自然数)ステップに分けてRFF信号を上昇させるようにする。nは、設計時に回路をできるだけ簡便化しながら、最適な効果が得られるように設定されるべきものである。

[0124] 以上説明したような、AOTFを用いたOADMでは、次のようなアプダグレーションが可能である。即ち、OADMの初期導入時には、アドするチャネル(波長)及びドロップするチャネル(波長)を固定しておき、チャネル固定型のOADMとして運用する。この場合、AOTF10に印加するRFF信号周波数f1、f2、・・・fnを固定することによって実現できる。アド/ドロップするチャネルが固定であるため原理的にはRFF信号周波数を変化させる必要がなく、制御が容易である。

[0125] 次に、任意のチャネル(波長)をアド/ドロップする機能を有する任意波長型のOADMが要求される場合には、AOTF10に印加するRFF信号周波数f1、f2、・・・fnを必要にする機能だけだけ実現できる。例えば、図1において、ドロップするチャネルを変更する場合には、AOTF10に印加するRFF信号周波数を変更するチャネル(波長)に合わせて変更すればよい。また、アドするチャネルを変更する場合には、LD19、8×8カプラから構成されるレーザバンクを設け、8×8カプラから出力されるWDM光(波長多量された光)から選択する波長をAOTF14でチューニングすればよい。この場合は、AOTF14に印加するRFF信号周波数を選択する波長に合わせて変化するればよい。

[0126] このように、AOTF及びレーザバンクを用いることにより、OADMのハードウェアをほとんど変更することなく固定波長型から任意波長型へのアップグレードが可能となる。

[0127] 図21は、AOTFの構成を示す図である。AOTFは、ニオブ酸リチウムの基板に同図太線のように光導波路を形成し、導波路の交叉する部分に偏光ビームスプリッタPBSを設けている。RFF信号は、IDT (inter digital transducer) と呼ばれる、脚を交互に組み合わせたような電極に印加される。IDTに所定の周波数のRFF信号が印加されると、弾性表面波(SAW)が発生し、基板の表面を伝播する。このSAWが伝播することによって影響は、基板内部の光導波路にも波及し、屈折率を周期的に変化させて、基板内部に薄い波長板のような構造を形成する。SAWが이드は、基板表面に貼り付けられた金属膜であり、SAWはこのガイドに沿って進行する。

[0128] 光入力から入力される光信号は、TEモードとTMモードとが混在したものであるが、PBS1でTEモードとTEモードに分かれて別々の導波路を伝播する。ここで、入力された光信号のうち、SAWとちょうど相互作用する波長の光があると、上記した、薄い波長の作用により、TEモードとTMモードとが入れ替わる。従って、PBS2での当該波長の進行方向が変わり、ドロップ光信号として出力される。一方、SAWとちょうど相互作用する波長以外の波長の光は、SAWの影響がランダムに働き、TEモードとTMモードの入れ替えが起こらない。従って、そのような波長の光は出力カスルム光として出力される。

[0129] 同様に、同図のアド光信号が入力されると、PBS1でTEモードとTMモードとに分岐され、進むが、アド光信号はドロップ光信号と同じ波長を有している。SAWと相互作用し、TEモードとTMモードとが入れ替わって、光出力として送出される。このようにして、光信号のアド動作が行われる。

[0130] と同じで、ニオブ酸リチウムは、屈折率特性を有している。TEモードの伝播速度とTMモードの伝播速度は導波路内で異なってしまう。従って、モード変換を受けない波長の光は偏波モード分岐を受け、たまたま出力として送出されてしまう。一方、モード変換を受ける波長の光は導波路内でほぼ同じ時間TEモードとTMモードでいるので、両方のモードで伝播する光学的長さが同じとなり、偏波モード分岐は打ち消されて出力される。

[0131] なお、このようなAOTFにおいては、導波路のパラメータ(長さ等)を適切に選んでやると、ロスを小さくしたり、選択特性の波長幅を狭くすることができ、選択特性の波長幅を狭くすることにより、クロストークを小さくすることができ、また、SAWガイドを斜めに配置したことによっても、波長選択特性のサ

イドロープを小さくすることができたり、RF信号のパワーが少なくて済むなどの効果が得られる。また、PBSを工夫することにより、ロスの偏波依存性をなくすることができるとができる。

【0132】図22は、図21のAOTFの透過特性を示した図である。同図には、ドロップ特性の波長選択特性あるいは透過特性を示している。同図に示されるように、サイドローブが多数形成され、半値幅(FWHM)も0.65nmとなっている。従って、図21の構成では、1TUT G.692で規定される0.8nm間隔のドロップに配慮する波長クロストークを少なくして、選択するものは困難である。

【0133】図23は、図21のAOTFを3段モノリシックに基礎上に構成し、同一周波数のSAWで波長選択した場合の波長選択特性である。1段のAOTFの半値幅が0.65であるものを3段カスケードに接続すると、波長選択特性の幅が広まっているのが図(a)からわかる。図(a)を拡大したものが図(b)であり、半値幅が0.39nmとなっていることが分る。これによれば、0.8nm間隔のグリッドに配置されてる光信号を選択することが精度良くできるようになると共に、サイドローブの位置を四捨五入することによって、クロストークをよくすることができる。

【0134】従って、図5～図12で説明したOADM装置に使われているAOTFは全て、3段のAOTFをモニシングクに形成し、同一周波数のSAWで波長選択動作を行わせている構成を前提にしている。

【0135】図24は、AOTFの温度依存性に対する対応技術を説明する図である。AOTFは温度に敏感であり、1℃温度が上がると選択波長が0.73nmずれてしまう。WDMシステムにおいては、0.8nm間隔

で、LEDのチャネルの光信号が配置されていることを考えると、AOTFは温度が1℃以上がたっただけで、LEDのグリッドの波長を選択してしまふような特性を有している。従って、AOTFをWDMシステムやOADM装置に使用する場合にも、温度変化に対するフィードバックをRF信号あるいは温度制御装置にかける必要がある。温度制御装置を設けてAOTFの温度を一定に保つておくとしても、LEDや素子等をAOTFの表面以外に設けてしまえば、温度勾配が生じるために表面の温度を正確に一定にすることは難しい。また、直接表面の温度を制御することも考えられるが、構造上ヘルメチック素子等温度を上下した、温度センサもAOTFの表面に設けることは無い。また、温度センサもAOTFの表面の温度を正確に測らなければならないので、従来の温度センサでは、その設置方法も難しい。しかし、SAWがAOTFの表面を伝播するものであっても、AOTFの表面の温度に一番影響を受けるものから表面の温度を何らかの方法で正確に検出し、表面の温度に対応した適切なフィードバックをかける必要がある。

に離れている場合には、サイドロープが非常に小さくなるので、クロストークの発生は無視できる程度となるが、互いに近接している場合には、クロストークにより、出力される光信号のパワーがビートを生じてしまう。また、AOTFのSAWは定在波となっており、光信号を連行波としてAOTF上を進行しているの、光信号にブラッグ一効果による波長シフトを生じる。そこで、本実験装置では、AOTFに印加するRF信号の位相を制御し、ビート等を打ち消すようにする。図26は、3段構成のAOTFの階段に生じるSAWの位相差がない場合を示している。同図(a)は、4つのチャネルを選択するための発生されるSAWが互いに位相差0°となつて示していることを示している。

【10142】 図問 (b) の①は、AOTFの選択波長特性が時間とともにどのように変化するかを示したものであり、波長特性の横軸は線形スケールである。②は、①の底軸をデシベルで表示したものである。いずれも傾斜は特性である。また、③と④はスループート幅の波長選択特性を線形スケールとデシベルスケールで示したものである。

【10143】同図(1)の①～④から明らかなように、波長選択特性は、時間が経過するに伴い、通らざる波長の光を起すことが分かる。この通らざるは、対応する波長の光のエネルギーをドロップしようとした時、選択波長の光強度のバリエーションを引き起こす。選択波長の時間の経過に伴う通らざるの様子を示したのが⑤であり、⑥は、スループット側のドロップされた光波長のスループットへの閾値具合を示したものである。

【0144】同図(b)から分かるように、3段階構成のAOTFに単純に波長選択のためのSAWを発生させたのでは、選択された波長のパワーに臨みが生じ、これが大きくなると強度変調されている光信号のデータを正に受信側で受信できなくなる可能性を示している。

【0145】図27は、AOTFの選択特性の幅らぎを防止する方法を示した図である。図(a)に示されるように、本実施形態では、3段階のAOTFで4つのチャネルを選択する場合、それぞれを選択するためのSAWの位相制御によって、それぞれを選択するためのSAWの位相制御を行った場合の波長選択特性を示した図、図(b)である。①～④に示されるように、波長選択特性の時間経過による幅らぎが抑圧されているのが分かる。ここで図26と同様に①と②は波長選択特性を接続し、③と④は、波長選択特性の接続を解除するものであり、②と④は、時間経過による変化を重ねたもの、波長選択特性の接続をデシメンタルスケールで示したものである。

【0146】⑤はドロップポートに出力される選択波長のパワーレベルの変化を示した図である。図(6)の⑤は、図26(b)の⑤と比較すれば明らかなように、パワーの揺らぎが抑圧されていることが分かる。パワーのレベルは0デシベルから少し下がっているが、これ

は、ドロップポートに出力される光信号のレベル変化によって、SAWの位相制御で打ち消すことによって生じたロスである。また、⑤には、スルーポートの選択波長光信号の漏れ具合を示したものである。

【0147】このように、SAWをAOTFに印加する
場合、3級構成の各段に発生するSAWの位相のバリエーション
によって、ドロップすることができると分かっている。ま
るビートを抑制することができるとも、光が極端に多くなっ
た、スループット側でも、光の波長選択特性が良くなる
ことが示されている。

【0148】このように、AOTFを単に3段構成にするのみではなく、各段に発生するSAWの位相をRFF図1の符号の位相を制御することによって、要してやるものによって、AOTFの波長選択特性性をよりブレーションしたものとして、AOTFの波長選択時に生ずることができ、従って、AOTFの波長選択時に生ずるビートを抑制し、強度変調した光信号をより正確に受信することができるようになる。

【0149】図28は、AOTF駆動回路の概略構成を示す第1の例である。AOTF駆動回路を形成する固定変圧器周波数回路に対応する固定変圧器周波数の発振器を必要とするだけ用意しておき、これらの発振器RFF信号を適宜選択してAOTFに加えることにより、AOTFを駆動する方法が1つの駆動回路構成方法である。

【0150】同図は、チャネル1用に発振器OSC1が用意され、同様に、チャネル2用に発振器OSC2が、チャネル3用に発振器OSC3が、準備され、波長分割多重システムで使用される全てのチャネルに対して、発振器OSC_nまで設けられている。

【0151】これらの発振器OSC1~nは固定周波数の発振器であって、これらが発振する信号をディバイダでそれぞれ3つに分割し、AOTFは3段構成で、RF信号を印加すべき1DTが1つのAOTFについて3つあるとされている。1つは、位相遅延無しでサブ入力される。2つめは、図27(a)の表にあるように、R、F信号に位相遅延を与えるために位相遅延部が取られる。同図の例、AOTFの場合、1つの位相遅延部で与えられる位相遅延は120°となっている。

[0152] 発振器OSC1からのRFF信号は、デジタイザで分岐された後、ポート1から出力されるAOCTF#1は位相遅延無しに、ポート2から出力されるRFF信号は、120°位相遅延を受けた後、ポート3から出力される。また、ポート3から出力されるRFF信号は、120°の遅延を2回受け、240°位相遅延を受けてからポート4から出力される。

【0153】同様に、チャネル2選択用の発振器OSC2から出力されるRF信号は、ディバイダで分割された

後、ポート1から出力される信号は位相遅延を受けずから入力され、AOTF#1に印加される。ポート2から出力されるRF信号は、 240° の位相遅延を受け、ケーブルに入力され、AOTF#2に印加される。ポート3からのRF信号は 120° の位相遅延を受け、ケーブルに入力され、AOTF#3に印加される。

[0154] チャネル3用の発振器OSC3からのRF信号はディバイダで分岐された後、ポート1~3のいずれの信号も位相遅延を受け、ポート1~3のRF信号はAOTF#1~3に印加される。

[0155] 後は、同様に、上記発振器OSC1~OSC3までの位相遅延の仕方を読み返し、発振器OSCnまでをケーブルに接続し、1~3段までのそれぞれのAOTF#1~3にRF信号が印加される。

[0156] 位相遅延部としては、ケーブルを長くするとか、トランスを付け、信号を取り出す位置を変えたり、遅延線を使用する等が考えられる。ただし、トランスを使用した場合には、信号を取り出す位置によりインピーダンスが異なるので、あまり、好ましくないはず。また、遅延線はRF信号の波形が崩れる恐れはない。また、本発明形態においては、ケーブルを長くすることによって位相遅延を与えている。ケーブルを長くした場合、RF信号が 170MHz の場合、 120° 遅延を与えるには、 35cm 余分に長くしてやればよく、 240° 遅延を与える場合には、 70cm 余分に長くしてやればよい。ただし、他の方法であっても、それぞれの欠点を解消するような方法をとれば、使用することができ、

[0157] 図29は、AOTFの駆動回路の概略構成を示す第2の例である。図28の場合には、どのような波長の光信号をもドロップすることができ、各チャネル用の発振器を全て用意していたので、ドロップする光信号の波長が、対応しない発振器は、設けられていないにも関わらず、使用されない状態となってしまう。つまり、無駄な発振器を用意していることになる。

[0158] ここで、電気信号の発振器は通常発振周波数を変えることができるようになっているので、発振器をドロップする波長の数だけ用意しておき、ドロップする光信号の波長が変わったときには発振器の発振周波数を変化させることによって、対応するような回路構成が可能である。このような構成の概略を示したのが図40である。

[0159] ここでは、ドロップされる光信号の波長数は8個であると決められているとする。この場合、発振器はOSC1~OSC8の8つのみを設けておく。各発振器OSC1~OSC8から出力されるRF信号は、3段のAOTFのいずれかに印加するのためにディバイダで三分岐され、三分岐されたRF信号は、更に後段のディバイダによって3つに分岐される。このようにして後段のディバイダによって3つに分けられたRF信号は、その

器との組み合わせで行う方法が提案されている。

[0165] 実システムにおいては、使用する伝送路の分散値、非線形分散、非線形効果の効率が大きく影響する。各波長の伝送入力光パワー等によって分散が生じる。これをばらつきが生じる場合でも伝送特性に影響を与えない方法を適用する必要がある。また、光波ネットワークにおいては、各波長は任意のノードで、分岐、挿入されるなど、波長によって伝送ルートが異なる。この場合にも伝送品質を保持する必要がある。

[0166] 従って、本実施形態では、プリチャータと分散補償器とを組み合わせ、さらに分散補償器の挿入位置、分散補償器、送信部でのプリチャープ量 (α パラメータ) の最適化により問題を解決する。

[0167] 以下に、具体的に説明する。OADMシステムは、図4(a)に示されるように、送信部と受信部の間を伝送路で結び、伝送路中に、光アンプや分散補償器、OADMノードが接続された構成となっている。送信部は、各電気信号を波長 $11\sim 15\text{nm}$ までの光信号に変換するE/O装置が設けられ、これらによって生成された光信号がマルチプレクサMUXによって波長多重され、分散補償器によって分散が補償されて再び光アンプで増幅されて、伝送路に送出される。伝送路の分散量は 16ps/nm/km 、 80km で、(光アンプ間やOADM装置間等ノード間の伝送路のことをスパンと呼ぶ)、4スパン (送信部と受信部の間にノードが3つ入っている構成を示す。同図の場合、ノードとして2つの光アンプと分散補償器の組み合わせで2つとOADMノードが1つ入られている。) の場合、送信部の分散補償器の補償量は、例えば、 -700ps/nm である。また、途中に入れられるノードとしての分散補償器の分散補償量は例えば -1200ps/nm である。

受信部は、光アンプに挿入された分散補償器と、波長多重された光信号を分散するデマルチプレクサDMUXと、分岐された波長の光信号を電気信号に変換するO/E装置とからなっている。ここで、受信部の分散補償器の補償量は例えば -1200ps/nm である。このとき、受信部でのトレランスは $\pm 200\text{ps/nm}$ となる。

[0168] このように、各分散補償器の分散量を設定してやると 80km を4スパン伝送する波長分割多重システムにおいては、最適な分散補償をすることができ、図4(b)は、分散補償手段を構成する場合の光アンプとの組み合わせの例を示した図である。

[0169] 同図(b)上段は分散補償手段が非線形効果を示しやすく、しかもロスが大きい場合の構成である。先ず、分散補償手段のロスを補償し、しかも分散補償手段前段で非線形効果が起こらないようにするために、所定のレベルまで光信号のレベルを増幅する前段光アンプを設ける。ここで、所定のレベルまで増幅された光

号は、分散補償手段に入力され、分散補償される。分散補償手段から出力された光信号は、後段の光アンプによって、例えば 80km 伝送し、次の光中継器まで光信号を送信するに必要レベルまで増幅される。

[0170] 同図(b)中段は分散補償手段のロスが小さい場合に可能な構成である。伝送された光信号は、増幅されないまま分散補償手段に入力され、分散が補償されてから、光アンプで増幅される。この場合は、分散補償手段のロスが小さいので、分散補償手段を通して後の光信号のレベルがあまり小さくならない。その後から光アンプで増幅してもSN比をあまり悪くすることはない。

[0171] 一方、同図(b)下段は、分散補償手段がファイバグレーティングを使ったもののように非線形効果をあまゝ示さない場合に可能な構成である。この場合には、光アンプで光信号を増幅してから分散補償手段に入力している。光アンプで光信号は非常にパワーの大きな信号となるが、分散補償手段が非線形効果をあまゝ示さないで、非線形効果による波形劣化を招く恐れがほとんどない。従って、先に光アンプを設けることが可能である。このとき、分散補償手段のロスが大きくても先に光アンプで増幅しているの、分散補償器を通して後で十分SN比を維持することができ、

[0172] 分散補償手段としては、分散補償ファイバを使うことが一般的であるが、分散補償ファイバは、ロスが大きき、しかも入力する光信号のレベルが所定値より大きいと非線形効果を示すので、入力する前には、所定値より小さいレベルまで光信号を増幅し、分散補償後再び速くまで伝送するために光パワーを挙げやてやる必要がある。従って、分散補償ファイバを分散補償手段として使用する場合には、同図(b)の上段の構成を使用するのが好ましい。

[0173] 図31は、OADM装置部分の分散補償のための構成を示す図である。OADM装置では、ドロップされる光信号に対しては、図30の送信部から受信部に送信される光信号と同様に分散補償を受けられるように分散補償器を配置し、トリビュタリ局に送信するようにする。一方、アドされる光信号に対しては、やはり、トリビュタリ局からOADM装置を通って受信部に送信される光信号は、図30の送信部から受信部に送信される光信号と同様に分散補償を受けられるように構成する。

[0174] 同図(a)では、送信側から伝送されてきた光信号は、図30の伝送路中に設けられる分散補償手段の分散補償量と同じ -1200ps/nm の補償量を持つ分散補償手段によって分散補償され、OADM装置に入力する。スルーする光信号は、OADM装置がなかったようにそのまま伝送されていく。一方、ドロップされる光信号も -1200ps/nm の補償を受けて、ドロップされトリビュタリ局に送信されるので、トリ

ビュータリ局で受信されるときは、図30の送信部から受信部にスルーして受信される光信号と同じ分岐補償を受けることができる。一方、アドされる光信号は、アドポート側に、図30では、送信部に掛けられていた700ps/nmの補償量を有する分岐補償手段に対応する分岐補償手段が設けられる。従って、トリビュート局から送られる光信号は、アドポート側の分岐補償手段によって、図30の送信部でうける補償に対応する分岐補償を受けてOADM装置でアドされることになる。アドされた後は、他の光信号と同じように分岐補償されるので、トリビュート局からアドされる光信号も、受信側に送信されるときは、図30の送信部から受信部にスルーして送信される光信号と同様の分岐補償を受けて伝送される。

[0175] このように、OADM装置をスルーする光信号も、アド・ドロップされる光信号もそれぞれの端局に伝送される間に同じような仕方で分岐補償されるように分岐補償手段をネットワークに組み込むようにする。

[0176] 図30は、OADM装置の別の構成例である。OADM装置の中には、光信号をドロップするたため、AOTF等の分岐回路と、光信号をアドするため、光カプラ、AOTF、あるいは合波器等の挿入回路とが設けられている。図30の送信部から受信部にスルーする光信号も、図30の送信部から受信部にスルーする光信号と同じように分岐補償をするためにOADM装置の前段には、補償量-1200ps/nmの分岐補償手段が設けられており、アド側には、-700ps/nmの分岐補償手段が設けられている。図30の構成は、AOTFをドロップ専用として使用し、アドは光カプラ等で行うという構成をしており、図5〜図12に示したOADM装置の具体的な構成に対応している。

[0177] 図32、33は、送信部、受信部、及びOADM装置のアド側、ドロップ側に設けられる分岐補償手段の構成例を示す図である。送信部、受信部及びOADM装置のアド側、ドロップ側は、伝送路の経路劣化や波長回波による挿入等により補償量を調整できることが好ましい。そこで、分岐補償手段は補償量の可変な構成とすることができ、図32(a)は、1〜nの補償量の異なる分岐補償手段(例えば、分岐補償ファイバ)を設け、入力された光信号を光カプラ等で等しく分岐し、光スイッチを各分岐補償手段毎に設けておいて、いずれかの分岐補償手段を選択するようにする。従って、光信号は、1〜nの異なる補償量を有する分岐補償手段のいずれかを通過して出力されることになり、最適な分岐補償手段を選択することにより、伝送路の伝送特性の変化に対応することができよう。

[0179] 図32(b)は、1〜nの異なる補償量を有する分岐補償手段を設けると共に、出力側に1×n光信号を形成されているため、後段に設けられている分岐

スイッチを設けている。このようにすれば、1〜nの分岐補償手段それぞれに光スイッチを設ける必要がなくなる。入力された光信号は、光カプラで分岐され、全ての分岐補償手段に等しく入力され、分岐補償されるが、1×n光スイッチで、最適に分岐補償された光信号を選択して出力するようにしている。

[0180] 図33(a)は、入力側に1×n光スイッチを設け、1〜nの分岐補償手段のいずれか1つ、最適に分岐補償することのできる分岐補償手段に光信号を入力するよう構成されている。1×n光スイッチで光路が選択された光信号は、対応する分岐補償手段を通過して、光カプラを介して出力される。

[0181] 図33(b)は、光カプラを使用する代わりに1×n光スイッチを使用する構成例を示している。入力した光信号は1×n光スイッチで光路が決定され、1〜nのいずれかの分岐補償手段に入力される。出力側の1×nスイッチは、光信号が入力された分岐補償手段からの光信号を通過させるように光路をスイッチングし、光信号を出力させる。

[0182] 図33の構成は、図32の構成に比べ、光信号のパワーの減少を少なくすることができる。すなわち、図32では、入力された光信号は、実際に分岐補償手段に入力されるか否かに限らず、等しく分割されてしまうので、分割後の1となってしまう。しかし、図33の構成では、入力した光信号は1×nスイッチにより、1〜nのいずれかの分岐補償手段に全てのパワーが送られることとなるので、実際に使用されない光路に光信号のパワーを分割して送出してしまうことがない。

[0183] 図34〜37は、分岐補償するための構成の变形例を示した図である。図34は、光スイッチまたは、光カプラ340を使用した例であり、補償量が同じ、あるいは、異なる分岐補償ファイバ等の分岐補償手段を直列に接続し、分岐補償手段を複数通過させることにより、光信号の分岐補償を最適化してやろうというものである。入力した光信号は、分岐補償手段を通過して、分岐補償手段の後段に設けられた光スイッチ341により、光路が変えられ、光スイッチまたは光カプラ340へと送られ、出力される。この光スイッチで光路が切り換えられるように、通過する分岐補償手段の数が異なるので、補償される分岐の量も異なってくる。

[0184] 図35は、迂回路を作って、光信号が通過する分岐補償手段の数や種類を変えてやる構成である。入力した光信号は、光スイッチ350によって次の分岐補償手段を迂回する分岐補償手段が切り換えられる。直列に接続されている分岐補償手段のそれぞれは、光スイッチ350が設けられており、各光スイッチの次の分岐補償手段を光信号に通過させるか否かが決定できるようにしている。図35の構成の場合には、迂回路が形成されているため、後段に設けられている分岐

補償手段に光信号を通過させるのに、前段の分岐補償手段を通過させる必要がないので、分岐補償手段によって補償する分岐補償量の大小をより自由に設定できる。

[0185] 図36は、図34の变形例である。各分岐補償手段の後段には、光カプラ362が設けられており、光信号が分岐されるようになっていて、この構成によれば、同構成で可能な分岐補償量の種類を受けた全ての光信号が、それぞれの光スイッチ360まで送られてきており、光スイッチ360の内1つを開いてやることにより、最も良く分岐補償された光信号を光スイッチまたは光カプラ361に送ることができる。光スイッチまたは光カプラ361からは、このようにして選択された最も良く分岐補償された光信号を送出することができ、ただし、この構成では、光信号が光スイッチまたは光カプラ361に送られるか否かに限らず、光カプラ362によって分岐されてしまうので、後段の分岐補償手段に入力される光信号のパワーが小さくなってしまいうという性質がある。

[0186] 図37は、図36の更なる变形例である。各分岐補償手段の後段には光カプラ370が設けられており、各分岐補償手段によって分岐補償された光信号が光スイッチ371に入力される。光スイッチはさまざまな分岐補償を受けた光信号のうち最も良く分岐補償された光信号を選択して出力する。この場合には、光信号は、分岐補償手段を順次通過するうちに、その後段の光カプラ370で分岐されてしまうことにより、パワーが小さくなってしまいうという性質を持っている。

[0187] 図38、39は、分岐補償と波長劣化特性について示した図である。図38は、10Gbpsで、8波多重した場において、80kmを4スパン伝送したときの波長劣化を示している。伝送路(シングルモードファイバ; SMF)への入力光パワーは1チャネル当たり平均で+10dBm、送信側でαパラメータ=1のプリチャープを行っており、送信局で分岐補償ファイバを使用せず、中継器と受信局で同じ大きな分岐補償を持つ分岐補償ファイバで分岐補償している。

[0188] 1S1劣化とは符号間干渉による劣化量のことであり、信号の伝播方向の劣化を表している。1S1劣化は、0%に近いほど良い。位相マージンは、光信号のオン/オフパターンの時間方向のずれの量など、光信号の位相方向の劣化量を表すものであり、100%に近いほうが良い。

[0189] 今、光信号の劣化量の許容範囲を1S1劣化が10%、位相マージンが70%であるとすると、図3の上から突出しているグラフの1S1劣化が10%である部分で持つ幅が、いずれのチャネルに対してもほぼ000〜1200ps/nm/unitの範囲にあることが分かる。一方、図3の下から突出しているグラフの位相マージンが70%である部分の幅が、いずれのチャネルに対してもほぼ1150〜1300ps/nm/unitの範囲にあることが分かる。

nitの範囲であることが分かる。

[0190] 上記両者の範囲の重なった部分が、分岐補償量のトレランスである。このトレランスが広いほうが良いのであるが、図3では、非常に狭いことが分かる。図39は、図38の条件において、送信局で受信局と同じ量の分岐補償をしており、中継器は送信局と受信局の間で分岐補償の2倍の分岐補償を行っている。また、送信局では、送信局でαパラメータ=1のプリチャープを行っている。

[0191] 図39ではトレランスの広がりがわかっていて、送信側で分岐補償を行うとともに、αパラメータが正のプリチャープを行うことによって、分岐補償量を広くすることができる。

[0192] これをわかりやすく示したのが図40である。図40は、位相マージンが70%以上である場合の分岐補償のトレランスを示した図である。

[0193] 図39(a)は、送信側でαパラメータ=1のプリチャープを行った場合を示し、図39(b)は、送信側でαパラメータ=-1のプリチャープを行った場合を示す。図39は、10Gbpsの伝送速度で、16波多重し、4スパン伝送したものである。図39は、グラフの上方に位相マージンが70%以上を満たす上限が示されており、グラフの下方に下限が示されている。この上限と下限の間が分岐補償のトレランスである。図39(a)のように、送信側で負のプリチャープを行った場合には、上限と下限がほとんどくっついてしまいう、トレランスがほとんどないことが示されている。これに対し、図39(b)のように、送信側で正のプリチャープを行なった場合には、上限と下限に幅があり、分岐補償のトレランスが大きくなる。分岐補償のトレランスが大きいことは、中継器(インラインアンプ)の分岐補償量を一定に保ちつつも、伝送路のスパンの長さの変化によらず同じ伝送特性で光信号を送送することができ、復時の挿入等によって、伝送路のスパン長が変わっても光信号の劣化が長くなってしまいうたりたりとした場合にもインラインアンプの分岐補償量を必要としない。また、送信局でαパラメータ=1のプリチャープを行なった場合には、送信局でαパラメータ=1のプリチャープを行なった場合を示し、図39(b)は、送信側でαパラメータ=-1のプリチャープを行なった場合を示す。図39は、10Gbpsの伝送速度で、16波多重し、4スパン伝送したものである。図39は、グラフの上方に位相マージンが70%以上を満たす上限が示されており、グラフの下方に下限が示されている。この上限と下限の間が分岐補償のトレランスである。図39(a)のように、送信側で負のプリチャープを行った場合には、上限と下限がほとんどくっついてしまいう、トレランスがほとんどないことが示されている。これに対し、図39(b)のように、送信側で正のプリチャープを行

えて使用することにより、ケーブル切断が生じ、光信号の折り返しが必要になった場合に、光信号の波長変換を行う必要がなくなる。従って、装置の構成を簡単化でき、コストの低減に寄与することが大きい。

【0200】同図のような装置構成は、BLSR (Bidirectional Line Switch Ring) という名前が示すように、リング状のネットワーク (図44、45参照) に於いて採用される。

【0201】図44は、正常時のリングネットワークを示す。OADMノードA、B、C、Dは図41にて説明したOADMノードと同一の状態にある。図45はOADMノードAの西側で光ケーブル切断が生じた場合のリングネットワークの構成を示す図である。この場合OADMノードAでは、図42のようにループバックスイッチ411、416が切り替わる。また、OADMノードでは、図43に示すようにループバックスイッチ413、418が切り替わる。

【0202】図46は、4ファイバBLSRのOADMノードの構成を示す図である。4ファイバBLSRにおいては、波長Add/Drop部も2重化されており、西側から東側へ向かう回路には、現用の波長Add/Drop部423と予備の波長Add/Drop部424が設けられ、東側から西側へ向かう回路には、現用の波長Add/Drop部431と予備の波長Add/Drop部432が設けられておる。また、4ファイバBLSRにおいては、伝送路も現用と予備が設けられており、例えば、32波のチャネルを現用と予備に分ける必要はなく、32波すべてを現用として使用することができ。

【0203】1+1プロテクションにおいては、現用伝送路と予備伝送路に常に同じ情報が流れている。通常動作では、西側から入力された光信号は、光ループバックスイッチ426、427を通過し、光1+1プロテクションスイッチ425に入力する。光1+1プロテクションスイッチ425では、現用回路と予備回路の切り替えを行う。一般に、現用の波長Add/Drop部42+1プロテクションスイッチ425から出力される光信号は、それぞれ現用の波長Add/Drop部423あるいは予備の波長Add/Drop部424に入力され、処理された後、光1+1プロテクションスイッチ422に入力される。光1+1プロテクションスイッチ422では、現用と予備の切り替えが行われ、出力された光信号は、光ループバックスイッチ420、421を介して東側へ送出される。

【0204】東側から西側へ送られる光信号は、光ループバックスイッチ434、435及び光1+1プロテクションスイッチ433を介して、それぞれ現用波長Add/Drop部431及び予備波長Add/Drop部432に入力されて、処理される。現用及び予備の波長

<http://www.nsd.co.jp/share/>

から西への通信には、波長117~132を現用として使用している。

【0196】正常時は、西から来た光信号は、1×2カブラ410から光ループバックスイッチ411を通り、波長11~116までを現用として使用している波長Add/Drop部412に入力される。波長Add/Drop部412から出力される光信号は、光ループバックスイッチ413を通過して1×2カブラ414を介して伝送路に送出される。同様に、東から西に光信号を送信する場合には、1×2カブラ419から光ループバックスイッチ418を介して波長Add/Drop部417は、波長117~132を現用として使用している。波長Add/Drop部417から送出される光信号は、光ループバックスイッチ416を介して、1×2カブラ415を通過して、西側に送出される。なお、波長11~116と波長117~132は、それぞれ同じ情報に連なっている。

【0197】ここで、図42に示すように西側にケーブル切断が起こり、西側へ光信号を送信できない、あるいは、西側から光信号を受信できなくなったとすると、東側から送られてくる波長11~116の予備回路が波長Add/Drop部412の現用装置により処理され、波長117~132の現用回路が波長Add/Drop部417の現用装置により処理されるようになる。すなわち、東側から送られてきた光信号は、1×2カブラ419で、光ループバックスイッチ411にも送られると共に、光ループバックスイッチ411にも送られている。

【0198】図43に示すように、東側にケーブル切断が生じた場合は、上記説明と同じであって、ただし、光ループバックスイッチ418が上記説明の光ループバックスイッチ411の動作をし、光ループバックスイッチ413が上記説明の光ループバックスイッチ416の動作をするようになる。

【0199】同図のように、波長Add/Drop部412で現用として使う波長と予備として使う波長とを波長Add/Drop部417では、現用と予備を入れ換

えなくなつた場合には、光1+1プロテクションスイッチ430が現用と予備を切り替えて障害を克服する。

【0209】図50は、1つのファイバで両方向伝送を行うシステムにおける2ファイバBLSRのノード構成である。同図の構成では、現用回路の東側から入力した光信号は、BD-WDMカブラ440で分岐され、光ループバックスイッチ442を介して現用波長Add/Drop部に入力され、波長117~132を扱う (波長多重数32と仮定している) 装置444に入力する。ここで、BD-WDMカブラとは、Bi-Directional-WDMカブラという意味である。装置444から出力された光信号は光ループバックスイッチ446を介してBD-WDMカブラ447に入力され、現用回路を使用して西側に送出される。一方、現用回路を介して西側から入力した波長11~116の光信号は、光ループバックスイッチ445を介して現用の波長Add/Drop部の内、波長11~116を扱う装置443に入力される。装置443から出力される光信号は、光ループバックスイッチ441を介してBD-WDMカブラ440で西向きに光信号と合流されて現用回路を東向きに伝送される。

【0210】このように、1つのファイバで両方向伝送を行う場合は、互いに逆方向に伝播する光信号の手がかりなくならないように、異なる波長を使うようにする。例えば、同図では、西から東へ向かう光信号は波長11~116とし、東から西へ向かう光信号は波長117~132としている。

【0211】通常時における予備側の動作は、現用側の動作と同じであるが、使用される波長が異なっている。すなわち、西から東へ向かう光信号の波長は117~132であり、東から西へ向かう光信号の波長は11~116となっている。

【0212】ここで、図51に示すようにOADMノードの西側の伝送路が現用も予備も使用できなくなつたとすると、波長11~116の光信号は、東側から予備回路を使って、BD-WDMカブラ448に入力され、光ループバックスイッチ450を介して光ループバックスイッチ445に転送される。光ループバックスイッチ445は、転送された光信号を現用の波長Add/Drop部の波長11~116を処理する装置443に入力する。装置443から出力された光信号は、光ループバックスイッチ441を介してBD-WDMカブラ440に入力され、東側へ現用回路を使用して伝送される。

【0213】一方、東側から現用回路を使ってBD-WDMカブラ440に入力した、波長117~132までの光信号は、光ループバックスイッチ442を介して装置444に入力され、処理される。装置444から出力された光信号は、光ループバックスイッチ446で、光ループバックスイッチ449に転送され、BD-WDMカブラ448を介して、予備回路を使って東側へ送出さ

Add/Drop部431、432から出力された光信号は、光1+1プロテクションスイッチ430、光ループバックスイッチ428、429を介して西側へ送出される。

【0205】図46のOADMノードによりリングネットワークを構成した場合を図47に示す。図46のノードの西側のケーブルがすべて切断などにより使用できなくなつた場合には、このノードで折り返し転送が行われる。東側の現用回路から入力した光信号は、そのまま現用の波長Add/Drop部431に入力される。現用の波長Add/Drop部431から出力された光信号は、光1+1プロテクションスイッチを介して光ループバックスイッチ428に入力されるが、西側へは送られず、光ループバックスイッチ421へ転送され、予備回路を使って東側へ送られる。一方、東側の予備回路から入力された光信号は、西側のケーブル切断等により、光ループバックスイッチ435によって、光ループバックスイッチ426に転送される。光ループバックスイッチ426は、転送されてきた光信号を光1+1プロテクションスイッチ425を介して現用の波長Add/Drop部423に入力する。この光信号が現用の波長Add/Drop部423から出力されると、光1+1プロテクションスイッチ422、光ループバックスイッチ420を介して東側へ現用回路を使って送ば

【0206】図48のOADMノードの動作が以上の説明に対応する。東側のケーブルがすべて使えなくなつた場合は、上記説明と同様であつて、ただし、光ループバックスイッチ428の動作を光ループバックスイッチ420が、光ループバックスイッチ435と426の動作を光ループバックスイッチ427と434が行う。

【0207】図48のOADMノードの動作が以上の説明に対応する。4ファイバBLSRでは、現用の波長Add/Drop部の故障と伝送路の切断が同時に起きても対応することができ。例えば、図49に示すように、現用の波長Add/Drop部423が故障し、西側へ向かう現用回路が同時に切断されたとする。このときは、東側の現用回路から入力された光信号は、現用の波長Add/Drop部431を介して光1+1プロテクションスイッチ430でバスが予備側に切り換えられ、光ループバックスイッチ429を介して西側へ送出される。一方、西側の現用回路から入力された光信号は、光1+1プロテクションスイッチ426で予備の波長Add/Drop部424に送られる。予備の波長Add/Drop部424から送出された光信号は、光1+1プロテクションスイッチ422によって、光ループバックスイッチ420に送られ、現用回路を使って、東側へ送出される。

【0208】このように、伝送路の現用回路が使えなくなつた、あるいは、現用の波長Add/Drop部が使

えなくなつた場合には、光1+1プロテクションスイッチ430、光ループバックスイッチ428、429を介して西側へ送出される。

【0205】図46のOADMノードによりリングネットワークを構成した場合を図47に示す。図46のノードの西側のケーブルがすべて切断などにより使用できなくなつた場合には、このノードで折り返し転送が行われる。東側の現用回路から入力した光信号は、そのまま現用の波長Add/Drop部431に入力される。現用の波長Add/Drop部431から出力された光信号は、光1+1プロテクションスイッチを介して光ループバックスイッチ428に入力されるが、西側へは送られず、光ループバックスイッチ421へ転送され、予備回路を使って東側へ送られる。一方、東側の予備回路から入力された光信号は、西側のケーブル切断等により、光ループバックスイッチ435によって、光ループバックスイッチ426に転送される。光ループバックスイッチ426は、転送されてきた光信号を光1+1プロテクションスイッチ425を介して現用の波長Add/Drop部423に入力する。この光信号が現用の波長Add/Drop部423から出力されると、光1+1プロテクションスイッチ422、光ループバックスイッチ420を介して東側へ現用回路を使って送ば

【0206】図48のOADMノードの動作が以上の説明に対応する。東側のケーブルがすべて使えなくなつた場合は、上記説明と同様であつて、ただし、光ループバックスイッチ428の動作を光ループバックスイッチ420が、光ループバックスイッチ435と426の動作を光ループバックスイッチ427と434が行う。

【0207】図48のOADMノードの動作が以上の説明に対応する。4ファイバBLSRでは、現用の波長Add/Drop部の故障と伝送路の切断が同時に起きても対応することができ。例えば、図49に示すように、現用の波長Add/Drop部423が故障し、西側へ向かう現用回路が同時に切断されたとする。このときは、東側の現用回路から入力された光信号は、現用の波長Add/Drop部431を介して光1+1プロテクションスイッチ430でバスが予備側に切り換えられ、光ループバックスイッチ429を介して西側へ送出される。一方、西側の現用回路から入力された光信号は、光1+1プロテクションスイッチ426で予備の波長Add/Drop部424に送られる。予備の波長Add/Drop部424から送出された光信号は、光1+1プロテクションスイッチ422によって、光ループバックスイッチ420に送られ、現用回路を使って、東側へ送出される。

【0208】このように、伝送路の現用回路が使えなくなつた、あるいは、現用の波長Add/Drop部が使

れる。

【0214】また、図52に示すようにOADMノードの東側の伝送路が現用、予備共に使えなくなった場合には、上記と動作は同じであるが、光ルーババックスイッチ450の動作を光ルーババックスイッチ445が実行し、光ルーババックスイッチ446と449の動作を光ルーババックスイッチ441と453が行う。

【0215】図53は、図50のOADMノードを用いてリングネットワークを構成した場合の図である。また、図54は、OADMノードAの西側でケーブル断が生じた場合の例を示す図である。この場合、OADMノードAでは、図51と同様にルーババックスイッチ445、446、449、450が動作し、またOADMノードDでは図52と同様に、ルーババックスイッチ441、442、453、454が動作する。

【0216】なお、図41～図53において説明した11～132の光信号は、北米SONET OC-192又はOC-48、OC-12等に対応したフレーム構成を有する。

【0217】図55は、光1+1プロテクションスイッチ20の構成例を示した図である。OADMノードは光1+1プロテクションスイッチによって冗長化がなされているが、光1+1プロテクションスイッチが故障した場合には、冗長化が機能しなくなるので、光1+1プロテクションスイッチそのものも冗長化しておくのが好ましい。

【0218】入力側から入力された光信号は、2×1カブラ460、461によってそれぞれ2分岐され、ゲートスイッチ462、463によって冗長化される。ゲートスイッチ462、463は通過した光信号は、2×1カブラ466、467から出力側に出力される。2×1カブラ466と467の内、いずれかが故障した場合には、ゲートスイッチ462、463が、ゲートスイッチ464、465のいずれかを閉じた状態にし、もう一方を閉じて、光信号を送り出すようにする。また、2×1カブラ460、461のいずれか一方が故障した場合には、ゲートスイッチ462、464が、ゲートスイッチ463、465のいずれかを閉じた状態にし、もう一方を閉じて、光信号を送り出すようにする。

【0219】このように、ゲートスイッチ462～465を切り替えることによって、2×1カブラ460、461、466、467のいずれかが故障しても対応することができ。

【0220】図56は、光伝送路において、再生器をどのように挿入するかに関する考え方を説明する図である。図(a)に示されるように、光伝送路には、光アンプ470-1～470-4が設けられ、これら光アンプ470-1～470-4が所定数中継した後再生器471で光信号の再生を行う。

【0221】図(b)には、光アンプ470-1～4

の第1の例を示す図(その1)である。

【図6】AOTFを使用したOADM装置の具体的構成の第1の例を示す図(その2)である。

【図7】AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成の第2の例を示す図(その1)である。

【図8】AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成の第2の例を示す図(その2)である。

【図9】AOTFを使ったOADM装置の具体的構成の第3の例を示す図(その1)である。

【図10】AOTFを使ったOADM装置の具体的構成の第3の例を示す図(その2)である。

【図11】AOTFを使ったOADM装置の具体的構成の第4の例を示す図(その1)である。

【図12】AOTFを使ったOADM装置の具体的構成の第4の例を示す図(その2)である。

【図13】アド光信号を生成するための光を供給するために使用されるレーザバンクの構成及び概念を説明する図である。

【図14】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その1)である。

【図15】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その2)である。

【図16】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その3)である。

【図17】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その4)である。

【図18】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その5)である。

【図19】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その6)である。

【図20】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その7)である。

【図21】AOTFの構成を示す図である。
【図22】図21のAOTFの透過特性を示した図である。

【図23】図21のAOTFを3段モノリシックに基板上に構成し、同一周波数のSAWで波長選択した場合の波長選択特性である。

【図24】AOTFの温度依存性に対する対応技術を示す図である。

【図25】共振器の温度依存性を示す図である。

【図26】3段構成のAOTFの選択特性の粗らぎと端らぎ防止対策を説明する図(その1)である。

【図27】3段構成のAOTFの選択特性の粗らぎと端らぎ防止対策を説明する図(その2)である。

【図28】AOTF駆動回路の概略構成を示す第1の例を示す図である。

【図29】AOTFの駆動回路の概略構成を示す第2の例を示す図である。

【図30】OADM装置を含むOADMシステムのシ

テム設計を説明する図である。

【図31】OADM装置部分の分散補償のための構成を示す図である。

【図32】送信部、受信部、及びOADM装置のアド側、ドロップ側に設けられる分散補償手段の構成例を示す図(その1)である。

【図33】送信部、受信部、及びOADM装置のアド側、ドロップ側に設けられる分散補償手段の構成例を示す図(その2)である。

【図34】分散補償するための構成の変形例を示した図(その1)である。

【図35】分散補償するための構成の変形例を示した図(その2)である。

【図36】分散補償するための構成の変形例を示した図(その3)である。

【図37】分散補償するための構成の変形例を示した図(その4)である。

【図38】分散補償と波形状劣化特性について示した図(その1)である。

【図39】分散補償と波形状劣化特性について示した図(その2)である。

【図40】位相マージンが70%以上である場合の分散トレランスを示した図である。

【図41】2ファイバBLSRのOADMノードの構成を示した図である。

【図42】2ファイバBLSRのOADMノードのプロテクションパスを説明する図(その1)である。

【図43】2ファイバBLSRのOADMノードのプロテクションパスを説明する図(その2)である。

【図44】OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの正常時の構成を説明する図である。

【図45】OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明する図である。

【図46】4ファイバBLSRのOADMノードの構成を示す図である。

【図47】OADMノードを備えた4ファイバBLSRネットワークの正常時の構成を説明する図である。

【図48】OADMノードを備えた4ファイバBLSRネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明する図である。

【図49】OADMノードを備えた4ファイバBLSRネットワークのノード障害・光ケーブル断線時の構成を説明する図である。

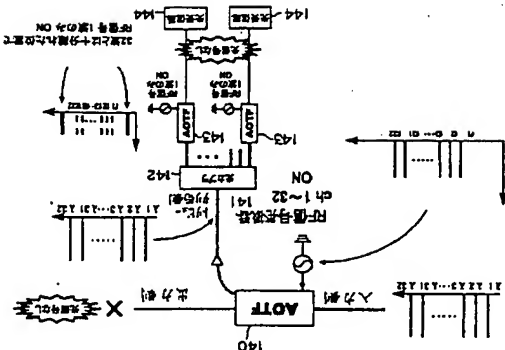
【図50】1つのファイバで両方向伝送を行うシステムにおける2ファイバBLSRのノード構成である。

【図51】2ファイバBLSRネットワークに双方向OADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説明する図(その1)である。

【図52】2ファイバBLSRネットワークに双方向O

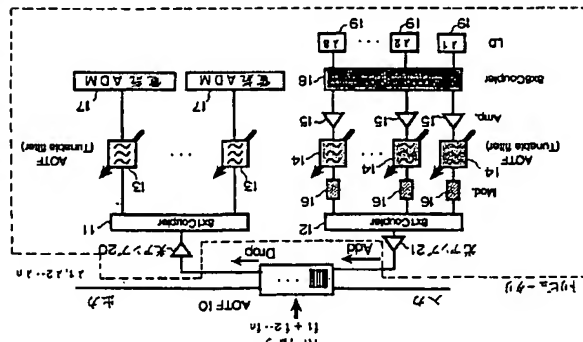
【図14】

OADM装置におけるドロップ用AOTFの
制御方法を説明する図(その1)



【図1】

AOTFを用いた OADM装置の基本的原理を示す図



ADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説明する図(その2)である。

【図53】 双方向OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの正常時の構成を説明する図である。

【図54】 双方向OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明する図である。

【図55】 光1+1プロテクションスイッチの構成例を示した図である。

【図56】 光伝送路において、再生器をどのように挿入するかに関する考え方を説明する図である。

【図57】 光スイッチを用いた光ADM (OADM) 装置の構成の一例を示した図である。

【符号の説明】

10、13、14、31、32、42、43、140、143、180、182、196、200 AOTF

F

11、12 8×1カブラ

15、20、21、30、34、40、45、136、137 光アンプ

16、50、197 (光) 変調器

17 電気ADM

18 8×8カブラ

19、139 レーザダイオード

33、35、36、41、44、46、47、142、181、190、191、194、195、199、201 光カブラ

37、48、49 波長選択フィルタ (AOTF)

60～63 1×2スイッチ

130、202 レーザバンク

131 分配器

132 チューナブルフィルタ

133、192 (光) スペクトルモニタ

135 外部変調器

138 合波器

141 RF信号発生器

144、184 光受信器

183 10:1カブラ

185、198 フォトダイオード (PD)

186、203 トラッキング回路

193 OADM装置制御CPU

204 1×4光スイッチ

240 発振回路

241 周波数カウンタ

242 駆動回路

340、361 光スイッチまたは光カブラ

341、350、360、371 光スイッチ

362、370 光カブラ

410、414、415、419 1×2カブラ

411、413、416、418、420、421、426、427、428、429、434、435、441、442、445、446、449、450、453、454 光ループバックスイッチ

412、417 OADM装置

422、425、430、433 光1+1プロテクションスイッチ

423、431、443、444 OADM装置

(現用)

424、432、451、452 OADM装置

(予備)

440、447、448、455 BD-WDMカ

ブラ

30 460、461、466、467 2×1カブラ

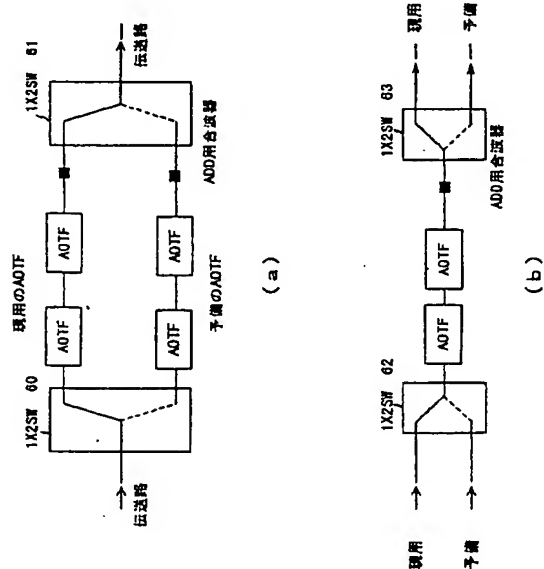
462～465 ゲートスイッチ

470～1～470-4 光アンプ

471 再生器

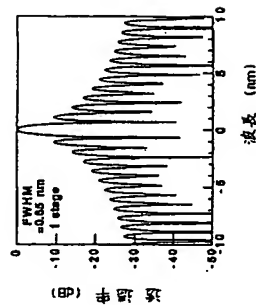
【図4】

OADM装置内のAOTF及び伝送路の
冗長構成も示す原理図



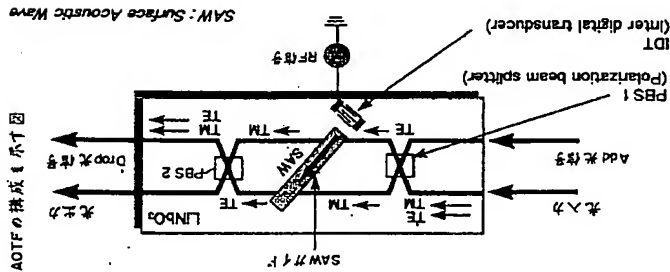
【図2.2】

図21のAOTFの透過特性を示した図



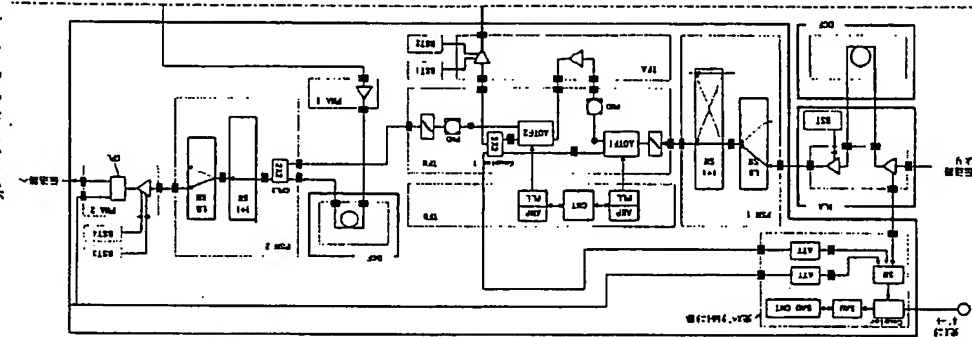
【図2.1】

AOTFの構成も示す図



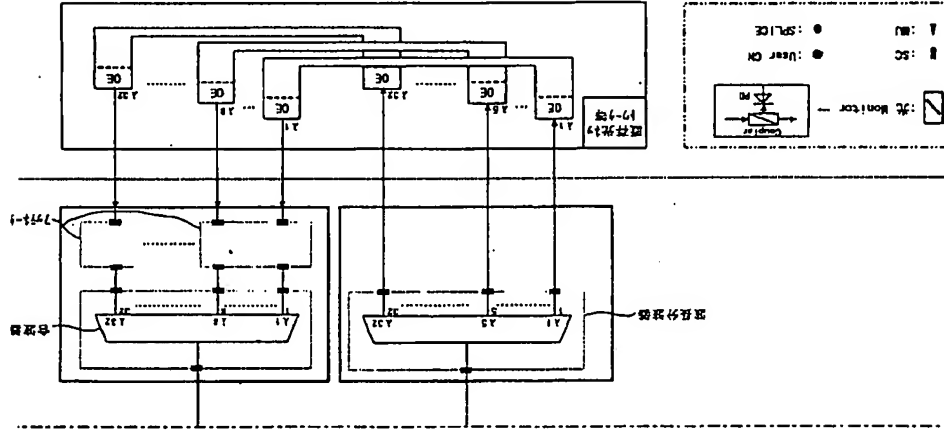
【図5】

AOTFを使用したOADM装置の具体的構成の
第1の例を示す図(その1)



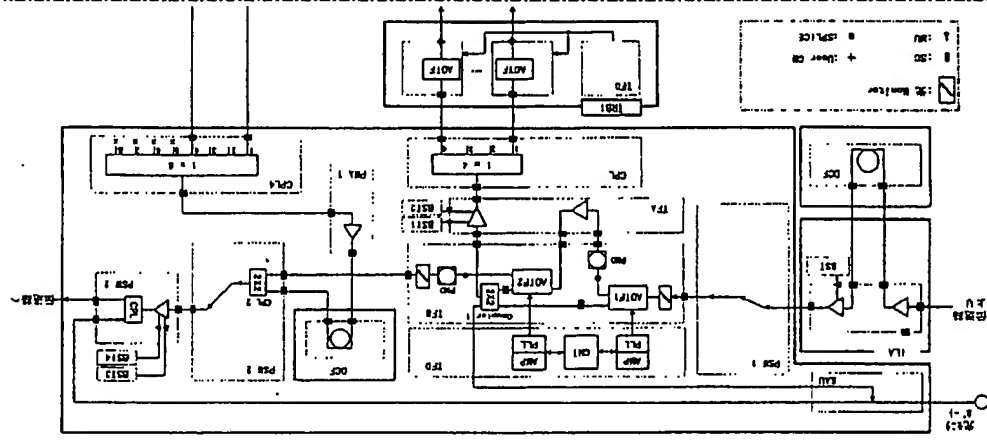
【図6】

AOTFを使用したOADM装置の具体的構成の
第1の例を示す図(その2)



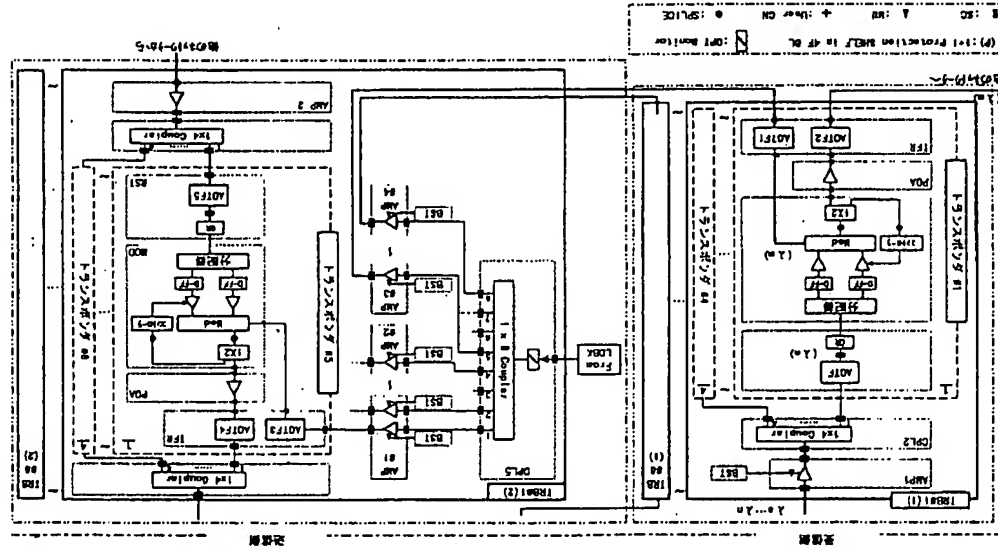
【図7】

AOTFを用いたOADM装置の具体的構成の
第2の例を示す図(その1)



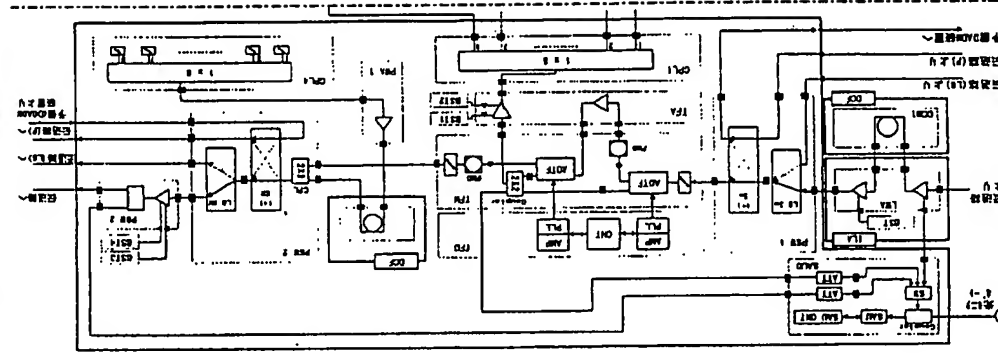
【図10】

AOTEを使ったOADM装置の具体的構成の第3の例を示す図
(その2)



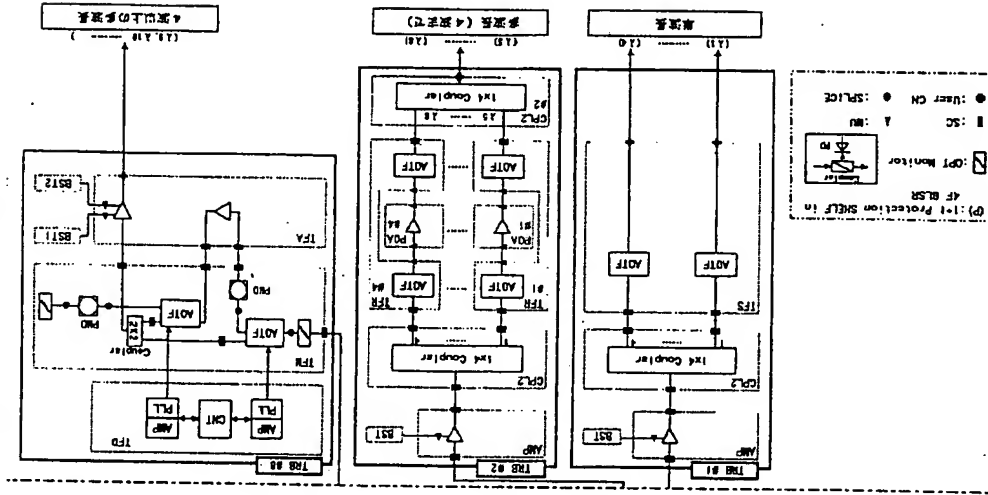
【図11】

AOTFを使ったOADM装置の具体的構成の
第4の例を示す図 (その1)



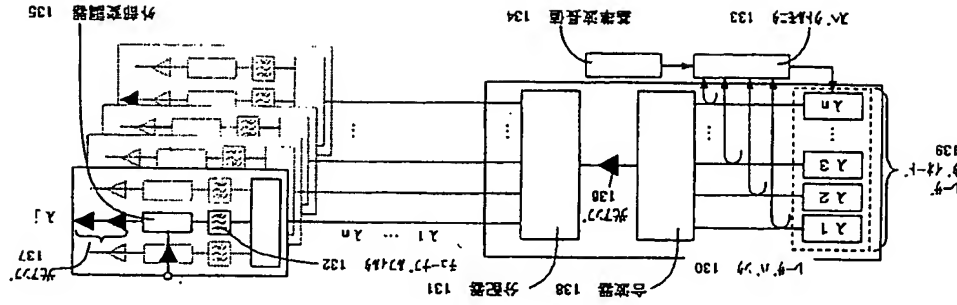
【図12】

AOTFを使ったOADM装置の具体的構成の
第4の例を示す図（その2）



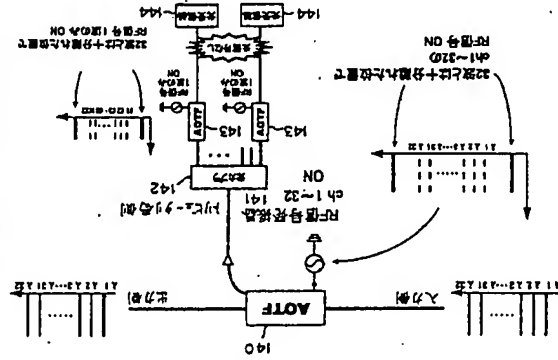
【図13】

アド光信号を生成するための光を供給するために
使用されるレーザバンクの構成及び概念を説明する図



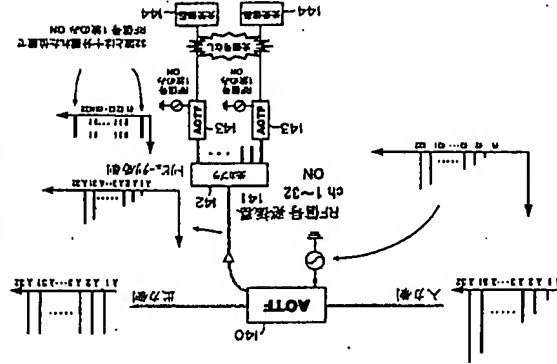
【図15】

QADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その2)



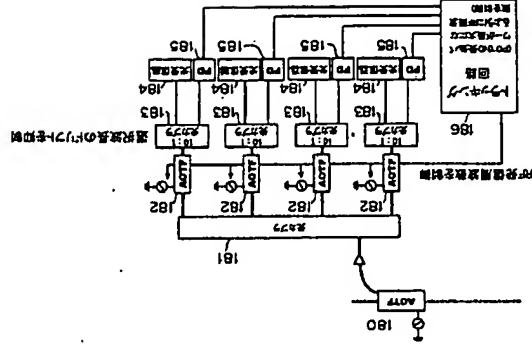
【図16】

QADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その3)



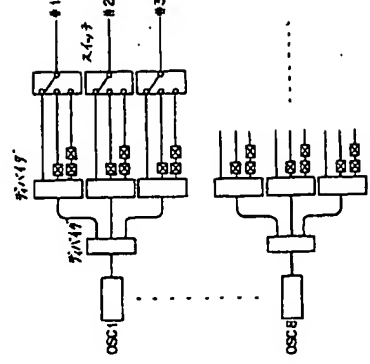
【図18】

QADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その5)



【図29】

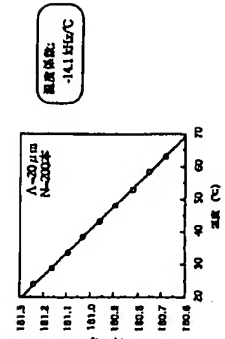
AOTFの駆動回路の概略構成を示す第2の例を示す図



80 120°位相遅延部

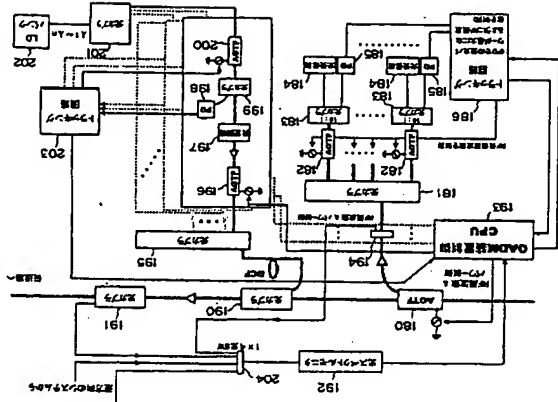
【図25】

共振器の温度依存性を示す図



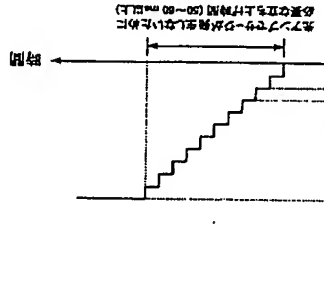
【図19】

OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図 (その6)



【図20】

OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図 (その7)

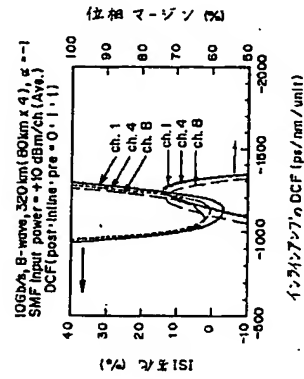


【図28】

AOTF駆動回路の概略構成も示す第1の例を図

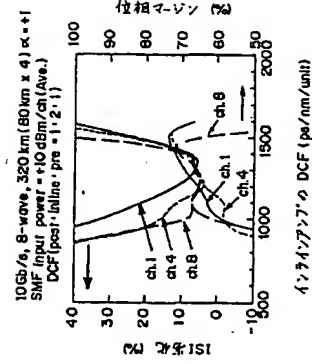
【図38】

分散補償と波形状化特性について示す図 (その1)



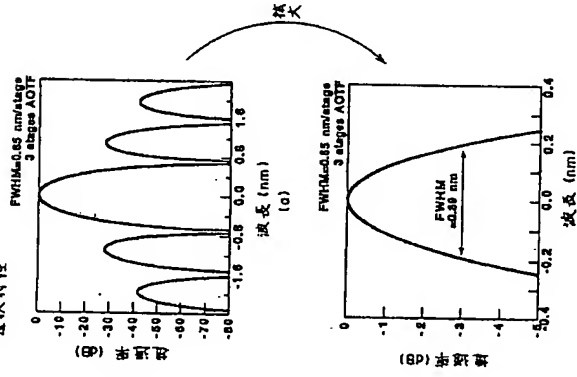
【図39】

分散補償と波形状化特性について示す図 (その2)



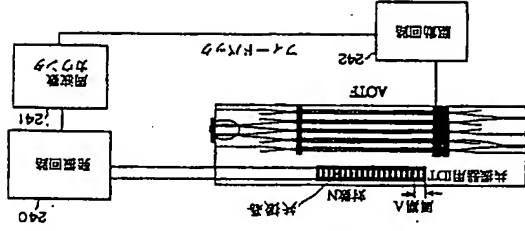
【図23】

図21のAOTFを3波モニタリングに基盤上に構成し、同一周波数のSAWで誤差増幅した場合の誤差増幅特性



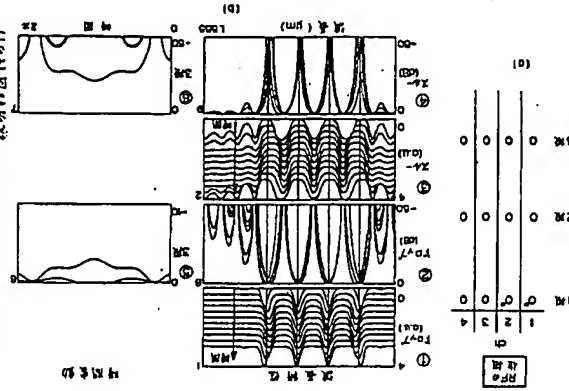
【図24】

AOTFの温度依存性に対する対応技術の説明図



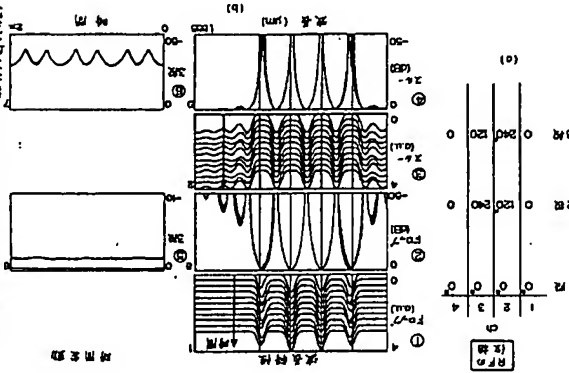
【図26】

3波構成OAOTFの通波特性の測定結果(図10(1)参照)の測定結果



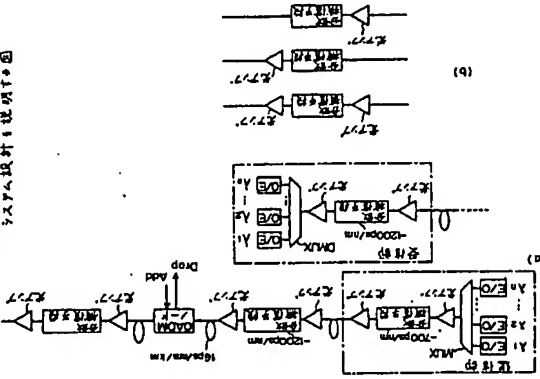
【図27】

3波構成OAOTFの通波特性の測定結果(図10(2)参照)の測定結果



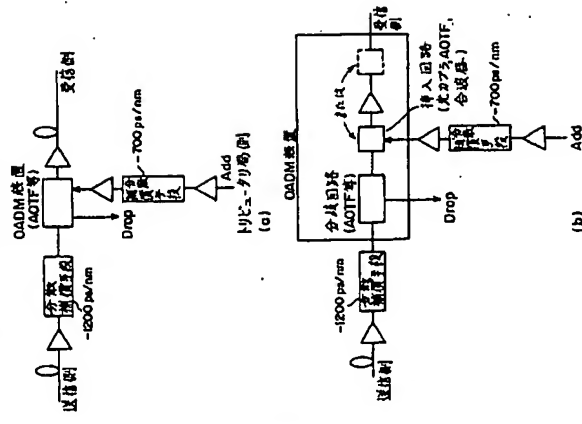
【図30】

OAOTF装置を用いたOAOTFシステムの測定結果



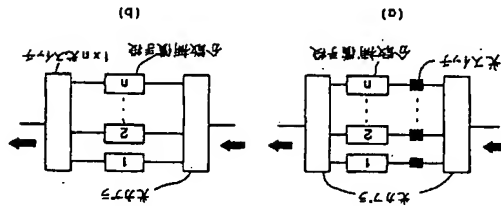
【図31】

OAOTF装置部分の分岐機構の構成を示す図



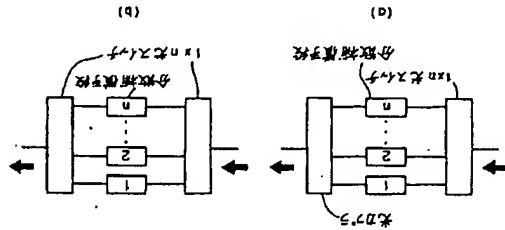
【図 32】

送信部、受信部、及び OADM 装置の 7F 側、
ドロップ側に設けられる分岐補償手段の構成例を
示す図 (その 1)



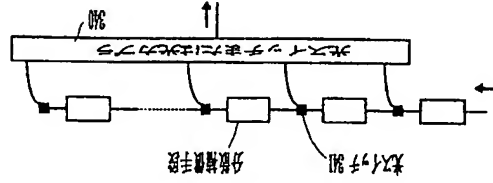
【図 33】

送信部、受信部、及び OADM 装置の 7F 側、
ドロップ側に設けられる分岐補償手段の構成例を
示す図 (その 2)



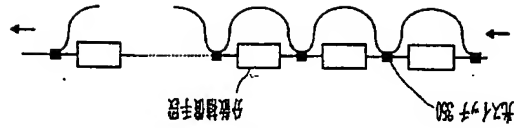
【図 34】

分岐補償手段側の構成の変形例を示す図
(その 1)



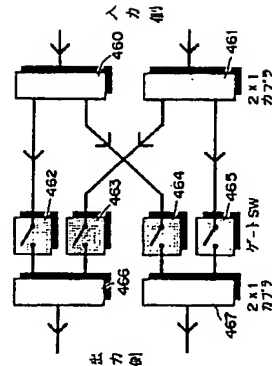
【図 35】

分岐補償手段側の構成の変形例を示す図
(その 2)



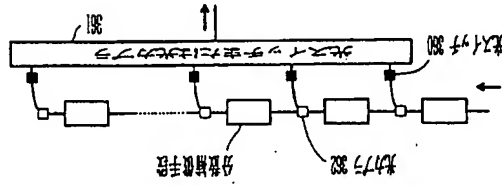
【図 55】

光 1+1 プロテクションスイッチの構成例を示す図



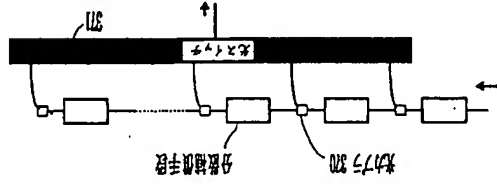
【図36】

分散補償手段の構成の变化例を示した図
(その3)



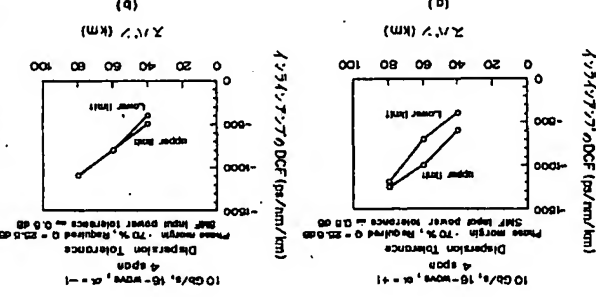
【図37】

分散補償手段の構成の变化例を示した図
(その4)



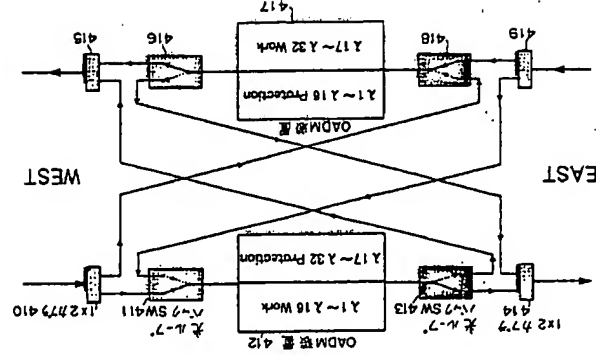
【図40】

位相マージンが70%以上である場合の
分散補償手段の構成の变化例を示した図



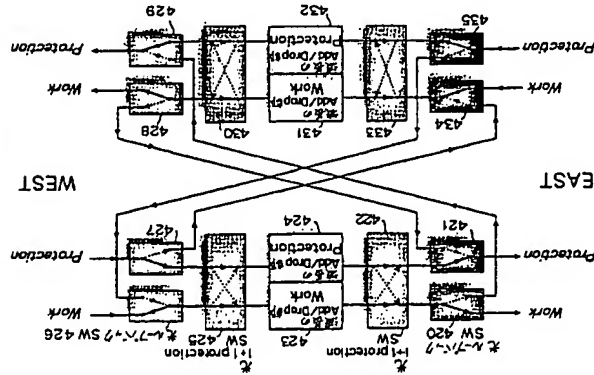
【図41】

277バベルSRのOADMノードの構成を示した図



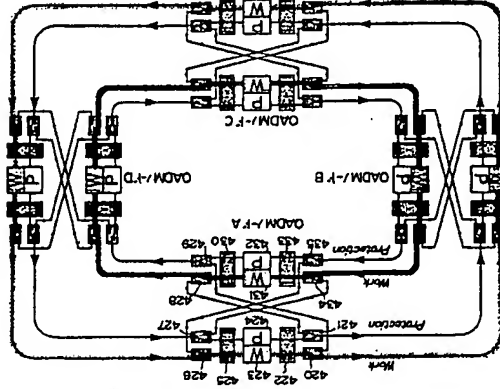
【図46】

4774バBLSRのOADMノードの構成を示す図



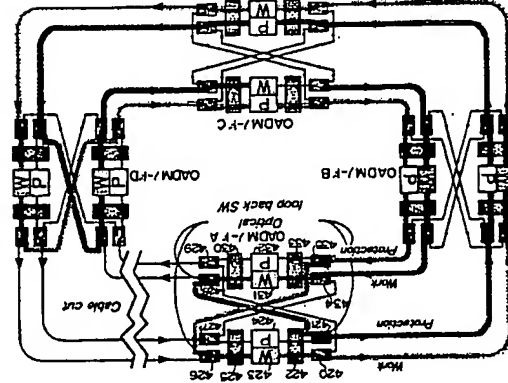
【図47】

OADMノードを備えた4774バBLSRネットワークの
正常時の構成を説明する図



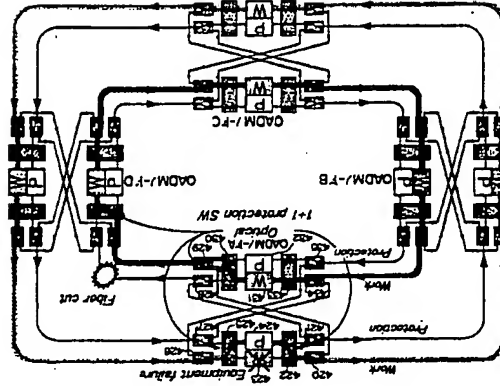
【図48】

OADMノードを備えた4774バBLSRネットワークの
光ケーブル断線時の構成を説明する図



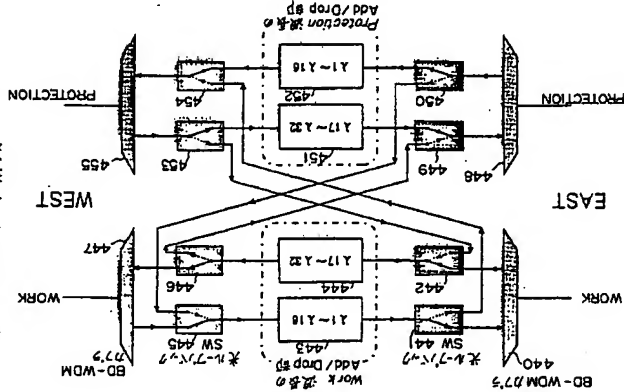
【図49】

OADMノードを備えた4774バBLSRネットワークの
ノード障害・光ケーブル断線時の構成を説明する図



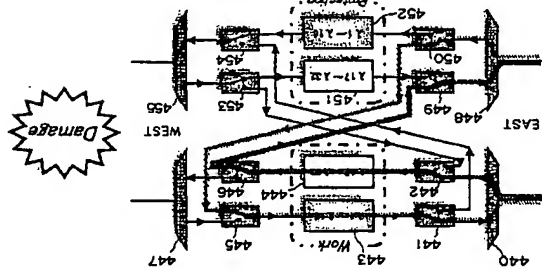
【図50】

1つのファイバで両方向伝達を行うシステムにおける
2ファイバBLSRのノード構成



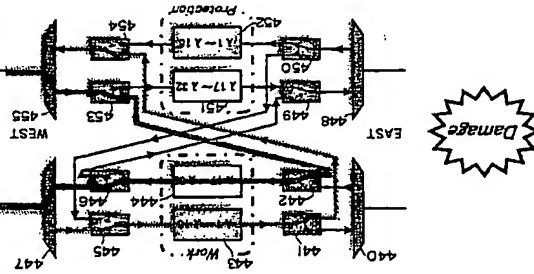
【図51】

2ファイバBLSRネットワークに双方向OADMノードを
適用した場合のプロテクションパスを説明する図
(その1)



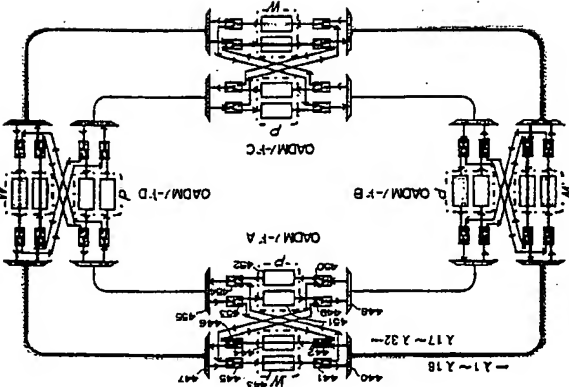
【図52】

2ファイバBLSRネットワークに双方向OADMノードを
適用した場合のプロテクションパスを説明する図
(その2)



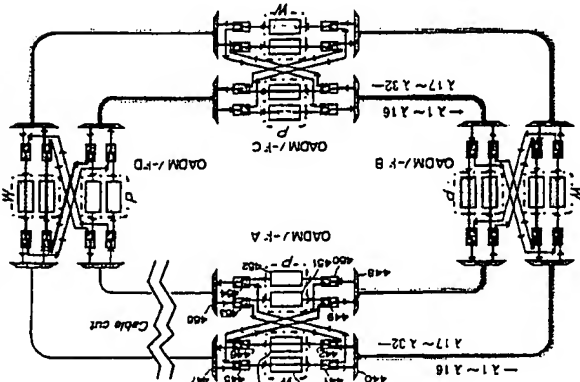
【図53】

双方向OADMノードを構成した2ファイバ
BLSRネットワークの正常時の構成を説明する図



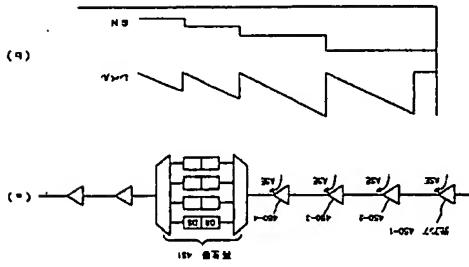
【図54】

双方向OADMノードを備えた2ポートBLSRネットワークの
光ケーブル接続時の構成を説明する図



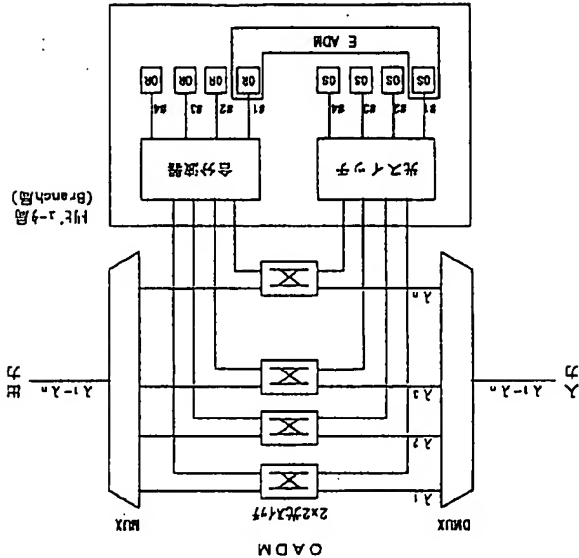
【図56】

伝送路において、再生器をどのように
挿入するのに関する考え方を説明する図



【図57】

光スイッチを用いた光ADM (OADM) 装置の
構成の一例を示した図



フロントページの続き

F I

識別記号

(51) Int. Cl.
H 0 4 J 14/02

(72) 発明者 大塚 和恵

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番

1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 甲斐 雄高

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番

1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 中沢 忠雄

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番

1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 近岡 輝英

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番

1号 富士通株式会社内